

L'ACQUISIZIONE DI CONOSCENZA
IN REALTÀ VIRTUALE

3.

INTERAZIONE UOMO-COMPUTER ED ACQUISIZIONE DI CONOSCENZA

L'analisi della storia dell'interazione uomo computer evidenzia una tendenza costante (Mantovani, 1995; Riva, 2004): il tentativo di introdurre nell'interazione mediata la corporeità e le regole che la caratterizzano.

Questo approccio all'interazione, normalmente definito «manipolazione diretta» (*direct manipulation*), si basa sull'idea che l'utente debba agire sugli oggetti digitali allo stesso modo con cui interagisce con artefatti fisici. Questa possibilità non richiede infatti all'utente di imparare nuovi comandi, ma semplicemente di adattare gli schemi percettivo-motori che ha già appreso all'interfaccia proposta. Per esempio, la possibilità di spostare un file da una cartella all'altra utilizzando il mouse – presente in tutti i moderni sistemi operativi – si basa sulle stesse capacità di orientamento spaziale e di coordinamento del movimento che ci permettono di prendere un oggetto e di metterlo in una nuova posizione.

Perché l'impiego della manipolazione diretta nell'interazione uomo computer è così efficace? I primi a cercare di rispondere a questa domanda sono stati due psicologi cognitivi: George Lakoff e Mark Johnson.

Secondo i due autori il sistema concettuale in base al quale pensiamo ed agiamo è di natura essenzialmente metaforica e trova

nel corpo il principale punto di riferimento. In particolare i due autori hanno analizzato i sistemi metaforici di base che organizzano in modo sistematico la nostra quotidianità, distinguendo tra due tipi di metafore.

- Le metafore strutturali (*structural*), che strutturano un concetto nei termini di un altro. Per esempio «il tempo è denaro» o «la vita è un viaggio».
- Le metafore orientative (*orientational*), che dotano di una relazione di orientamento reciproco interi gruppi di concetti. Per esempio: «triste è giù, felice è su». A caratterizzare queste le metafore è la relazione con l'orientamento spaziale: su/giù, fronte/retro, profondo/superficiale, centrale/periferico, dentro/fuori.

Secondo questa posizione, nota con il nome di *Conceptual Metaphor Theory*, la metafora è una modalità di strutturazione del pensiero che consente di mettere in relazione domini concettuali. Più precisamente, la relazione cognitiva instaurata dalla metafora prende la forma di un insieme di corrispondenze tra un dominio di partenza (*source domain*, per esempio «viaggio») e un dominio di arrivo (*target domain*, per esempio «vita»). L'esistenza di questa relazione non è però solamente un espediente di tipo linguistico: quando pronunciamo frasi come «Quello studente farà strada» o «La sua vita è stata una continua salita», non ci limitiamo ad esprimere metaforicamente i concetti tipici della vita attraverso quelli caratterizzanti il viaggio, ma pensiamo alla vita come viaggio *tout court*, e poi riportiamo le conclusioni raggiunte nell'ambito del viaggio alla sfera della vita. L'essenza della metafora è infatti capire e spiegare una cosa nei termini di un'altra.

L'altro elemento sottolineato dai due autori è il legame tra il nostro corpo e le metafore orientative: le caratteristiche di queste metafore sono il risultato dell'aver un corpo caratterizzato da uno specifico repertorio motorio e tattile-cinestesico.

Come sottolineano i due autori: «Questi orientamenti spaziali derivano dalla costituzione stessa del nostro corpo e dal suo funzionamento nell'ambiente fisico che ci circonda» (p. 33). È infatti impossibile parlare, e di conseguenza pensare, senza fare ricorso a meccanismi metaforici, perché la metafora è lo strumento linguistico che meglio di qualunque altro esprime la nostra interazione corporea col mondo.

Le conclusioni a cui arrivano i due autori (Lakoff, Johnson, 1980), e in particolare Johnson (1987) sono due.

La prima è che la componente corporea assume un rilievo fondamentale nell'organizzazione del nostro sistema concettuale. La seconda, che l'uso di metafore legate alla nostra esperienza corporea è più efficace di metafore che non lo sono.

Da questa linea teorica si è poi sviluppata la psicologia cognitiva «corporea» definita anche «incarnata» (*embodied cognition*) che considera la mente non come un insieme di circuiti cerebrali, ma come il risultato di un fenomeno distribuito, che risiede non solo nella testa (Edelman, 1987; Johnson, 1987; Varela, Thompson, Rosch, 1991; Hutchins, 1995; Nardi, 1996; Clancey, 1997; Clark, 1997; Bara, 2000; Carassa, 2000; Clark, 2003).

Come vedremo più in dettaglio nei capitoli successivi, i processi cognitivi vengono descritti come il risultato dell'interazione in tempo reale e diretti verso un obiettivo tra un organismo e l'ambiente: la natura di questa interazione influenza la formazione dei processi cognitivi e ne caratterizza lo sviluppo successivo.

L'idea di fondo, che lega il lavoro di ricercatori con punti di vista molto differenti tra loro, è che la corporeità (*embodiment*) sia la condizione necessaria per lo sviluppo dei processi cognitivi. Con corporeità si intende l'insieme della capacità sensomotorie dell'organismo che gli consentono di interagire con successo all'interno del proprio ambiente. In pratica, secondo questa visione, lo svolgersi di ogni attività cognitiva è sempre «situata», cioè indissolubilmente associata a ciò che stiamo facendo fisicamente e alla struttura e alle dinamiche dell'ambiente. Come vedremo nei capitoli successivi.

3.1. DALL'ATTIVITÀ ALLA COGNIZIONE SITUATA

Un tentativo strutturato di definire i processi che portano alla «situatività» dell'azione viene dalla teoria dell'attività. Nata all'interno della cultura psicologica dell'ex Unione Sovietica, grazie all'impegno di studiosi come Vygotskij, Leontjev e Anokhin è stata poi adattata al mondo dei media da una serie di autori, tra cui ricordiamo Engeström (1990) e Kuuti (1996) e Nardi (1996).

Il principio di base di questa teoria è il fuoco sull'attività umana come principale oggetto di studio psicologico (Riva, 2004). Più precisamente, l'attività umana risulta essere caratterizzata dalle seguenti proprietà.

- È il principale strumento di conoscenza dell'uomo: la conoscenza del mondo da parte del soggetto è riflessione ottenuta mediante l'attività. La riflessione è la base dei desideri e delle aspettative che guideranno l'attività del soggetto nel mondo.
- Può essere analizzata facendo riferimento a tre diversi livelli gerarchicamente strutturati ed interconnessi: come vedremo tra poco, all'interno del concetto generale di «attività umana» troviamo tre livelli – attività, azione ed operazione.
- È sempre diretta verso un oggetto, fisico o ideale: non esiste attività senza un bisogno. Inoltre, è il tipo di oggetto che ci permette di distinguere tra i diversi livelli di attività.
- È mediata da artefatti, sia di tipo fisico sia normativo. La definizione d'artefatto proposta dalla teoria dell'Attività è molto ampia: qualsiasi strumento, fisico o ideale, utilizzato dall'uomo in una attività, per raggiungere un determinato obiettivo.
- È un'attività sociale: viene cioè realizzata sempre all'interno di una cultura. Più precisamente, dipende dalle relazioni sociali sia per la sua realizzazione sia per la definizione dell'oggetto da raggiungere.

Per comprendere meglio le caratteristiche di questa posizione analizziamo meglio i tre livelli in cui è possibile scomporre l'«attività umana».

- Le «attività», composte di insiemi di azioni: un possibile esempio di attività è il processo necessario per fare il medico. Ogni attività è sempre diretta verso un macro «oggetto» (*object*) consapevole – in questo caso la professione medica – frutto della riflessione del soggetto, e che risponde ad un determinato bisogno di auto-realizzazione.
- Le «azioni», composte di insiemi di operazioni: diventare medico richiede il raggiungimento di sotto oggetti specifici – come laurearsi, ottenere l'abilitazione professionale, trovare un posto di lavoro, ecc. – che vengono definite azioni. Ogni azione è diretta verso uno scopo preciso che avvicina il soggetto all'obiettivo dell'attività. Un azione può essere parte di più attività contempo-

- raneamente. Per esempio posso andare a lezione come parte dell'attività «laurea in medicina» o dell'attività «cerco un fidanzato/a».
- Le operazioni: ogni azione può essere scomposta a sua volta in sotto-azioni fino ad arrivare ad un livello in cui si considerano direttamente l'insieme di attività corporee organizzate del soggetto (operazioni). Un esempio di operazione è la scrittura della parola «mente», mentre prendo gli appunti durante la lezione di scienze cognitive. Le operazioni vengono spesso svolte senza richiedere l'attività consapevole del soggetto. Più precisamente, l'apprendimento dell'organizzazione delle operazioni nell'azione richiede l'attività consapevole del soggetto. Al contrario, l'esecuzione delle operazioni all'interno di un'azione ormai appresa avviene in maniera inconsapevole. In questo caso, a guidare le operazioni è una «base orientante» (*orienting basis*), composta dall'insieme di aspettative di tipo inconscio relative all'esecuzione di ogni parte dell'operazione. La base orientante si sviluppa dall'esperienza mediante un meccanismo di prova ed errore.

A legare i tre livelli dell'attività umana è l'aspettativa, l'anticipazione dell'azione (*anticipation*). L'aspettativa a livello dell'attività prende la forma di motivazione: voglio diventare medico perché in questo modo posso curare delle persone. Cambia in obiettivo a livello dell'azione: vado a lezione di scienze cognitive per riuscire a superare più in fretta l'esame. E diventa «base orientante» a livello dell'operazione: per scrivere la lettera «M» sposto prima la mano verso l'alto, poi leggermente verso il basso con un'inclinazione di circa quarantacinque gradi, poi ancora verso l'alto con la stessa inclinazione e poi torno giù senza inclinare la mano.

In generale, dato un oggetto specifico che indirizza l'attività, obiettivi, azioni e operazioni possono cambiare secondo la situazione ambientale in cui si trova il soggetto. Per esempio, un'operazione può portare all'azione, quando le aspettative che la guidano non vengono confermate. Se mentre scrivo la parola «mente» la penna smette di scrivere, ecco che parte una nuova azione mirata alla ricerca di una nuova penna.

Infatti, le aspettative del soggetto sono monitorate da un meccanismo di feedback durante lo svolgimento dell'attività che ne confronta l'esito con l'aspettativa relativa. Ogni differenza porta il

soggetto ad una situazione d'apprendimento in cui cerca di superare la discordanza con un comportamento alternativo.

Per esempio, se mentre scrivo la lettera «M» incontro un ostacolo imprevisto, per esempio il cappuccio della penna, ecco che è attivato un comportamento alternativo – lo spostamento del cappuccio – per superare l'ostacolo e raggiungere comunque l'obiettivo.

Il principale limite della teoria dell'attività è il fuoco più descrittivo che predittivo. In particolare non ci spiega molto sul rapporto tra attività, mente e conoscenza. Più interessante a questo proposito è la posizione teorica espressa dal movimento definito della «cognizione situata» (*situated cognition*).

Uno degli autori di questo approccio che ha cercato di spiegare meglio il legame tra i concetti di conoscenza e di mente è Clancey (1995; 1997). Secondo questo autore, la conoscenza è una «capacità verso un'azione interattiva». Tale capacità viene attivata attraverso una sequenza di coordinazioni sensomotorie in atto, cioè mediante la concettualizzazione di un'intera sequenza comportamentale.

Carassa (2000) parla di «concettualizzazione nell'azione» per sottolineare la capacità del soggetto di segmentare e ricomporre un'intera sequenza comportamentale in modo finalizzato al raggiungimento di un'intenzione. Per questo la conoscenza è necessariamente «situata»: richiede un feedback esterno continuo per coordinare tra loro percezione e azione.

La principale conseguenza di questa posizione è la critica alla visione della mente come strumento di memorizzazione e d'elaborazione di rappresentazioni simboliche. Come sottolinea Clancey le rappresentazioni mentali devono essere percepite per essere interpretate (pp. 229-230):

La principale affermazione della teoria della cognizione situata (nella mia formulazione) è che percezione e azione si sviluppano insieme, influenzandosi dialetticamente a vicenda. Nelle persone i processi [di rappresentazione spaziale] sono letteralmente ricostruiti riattivando le reti neurali che svolgono l'attività di coordinamento (il percepire e il muoversi), non le reti che memorizzano le descrizioni. In sintesi, la mia posizione è che le persone navighino all'interno di uno spazio conosciuto senza fare riferimento alle rappresentazioni; le sensazioni sono direttamente associate alle azioni senza atti d'intermediazione.

Se integriamo questa posizione con quella della Teoria dell'Attività è possibile affermare che una rappresentazione mentale è percepita attraverso l'azione, e poi «situata» mediante il riferimento alle «aspettative» di cui abbiamo parlato in precedenza. In pratica, la principale attività della mente consiste nel «situare» le percezioni in modo da riuscire a strutturare l'azione.

3.2. PRESENZA, ASPETTATIVA ED AZIONE

A questo punto possiamo cercare di tornare al concetto di presenza e cercare di collegarlo a quanto abbiamo visto finora. Secondo Riva e Waterworth (2003; Riva, Waterworth, Waterworth, 2004; Riva, 2004) la presenza può essere descritta come un meccanismo selettivo e adattativo, che permette al sé di migliorare la capacità di coordinamento dell'azione, mediante la distinzione tra «interno» ed «esterno» all'interno del flusso sensoriale. Infatti, più l'organismo sperimenta un elevato livello di presenza all'interno di un'attività, maggiore sarà il coinvolgimento dell'organismo nell'attività, e ciò aumenta la probabilità che questa vada a buon fine. A questo proposito, l'elemento che consente di distinguere tra «interno» ed «esterno» è il riferimento alle diverse aspettative del soggetto: fino a quando le aspettative del soggetto sono confermate il soggetto è presente nell'azione. Come sottolineato dalla Teoria dell'Attività il livello di aspettativa cambia a seconda del livello di attività considerato: nel caso delle operazioni, l'aspettativa è data dalle basi orientanti, mentre diventa motivazione a livello di attività.

A questo punto sono necessari alcuni chiarimenti. Il processo di presenza è un processo cognitivo autonomo, differente ma correlato ad altri processi come la coscienza o l'attenzione, che ha il compito di verificare la congruenza tra le aspettative e l'azione. Essere coscienti dell'ambiente in cui mi trovo significa essere consapevoli della presenza dell'ambiente e delle sue caratteristiche. Allo stesso tempo, l'attenzione implica un fuoco consapevole, cioè la focalizzazione cosciente su alcune specifiche proprietà dell'ambiente. Al contrario il processo di presenza – cioè la valutazione se l'azione segue o meno le mie aspettative – non richiede necessariamente

l'attenzione o la consapevolezza del soggetto. Nell'esempio che abbiamo fatto prima - mentre scrivo la parola «mente» la penna smette di scrivere - è il processo di presenza che identifica la rottura nel flusso dell'azione, avvisando la coscienza e spingendo il Sé a spostare l'attenzione per risolvere il problema.

Il processo di presenza va analizzato in una prospettiva evolutiva: questa capacità tende a evolvere insieme agli esseri viventi, sia a livello filogenetico che a quello ontogenetico. Infatti, più l'essere vivente si trova in un gradino elevato della scala evolutiva, più il comportamento diventa complesso, passando progressivamente dal livello delle operazioni fino ad arrivare a quello dell'attività nell'uomo. Man mano che il comportamento diventa complesso, anche il livello del Sé tende ad evolvere, ed insieme ad esso anche il processo di presenza.

Secondo Damasio (1999) è possibile identificare diversi livelli di sviluppo del Sé a cui corrispondono livelli diversi di coscienza.

- Proto-sé: è una collezione coerente di configurazioni neurali che formano istante per istante le mappe dello stato della struttura fisica dell'organismo nelle sue numerose dimensioni. Tali configurazioni regolano e rappresentano gli stati interni del corpo consentendo al Sé di riconoscersi come parte separata dal mondo esterno. Il «proto-sé» tuttavia, non è consapevole di sé, ma può essere considerato il precedente biologico preconsco del Sé.
- Coscienza nucleare: fenomeno biologico semplice ricreato incessantemente dall'interazione con gli oggetti percepiti. La coscienza nucleare fornisce all'organismo un senso di Sé in un dato momento e in un dato luogo (Sé nucleare). Il suo raggio d'azione è quindi *hic et nunc*. Essa non ci dice nulla riguardo al futuro. L'unico passato che possiede è quello, vago, relativo a ciò che è accaduto un istante fa.
- Coscienza estesa: fenomeno biologico complesso, che si articola in diversi livelli di organizzazione nel corso della vita dell'organismo. Dipende dalla memoria convenzionale e dalla memoria operativa e, raggiunge il suo massimo livello con gli esseri umani, grazie al linguaggio. È infatti attraverso il linguaggio che diventa possibile formulare una nostra storia personale (Sé autobiografico).

Il modello di coscienza proposto da Damasio è un modello gerarchico-evolutivo, per cui non si ha il Sé nucleare senza il proto-

Sé e non si ha quello autobiografico senza il Sé nucleare. Inoltre, l'evoluzione del Sé si attua attraverso due processi: la relazione con un oggetto e il mutamento interno che tale relazione produce nell'organismo.

Come sono possibili questi due processi? Secondo Riva (2004) la risposta sta nel senso di presenza. Più precisamente, ai tre livelli di Sé identificati da Damasio è possibile far corrispondere tre diversi livelli di presenza (Riva, Waterworth, 2003; Riva, Waterworth, Waterworth, 2004; Riva, 2004) che consentono al Sé di distinguere tra «interno» ed «esterno» all'interno del flusso sensoriale migliorando la capacità di coordinamento dell'azione (vd. Tab. 3.1.).

- Proto presenza: la capacità di separare all'interno del flusso sensoriale gli stimoli correlati ai propri movimenti (livello dell'attività: operazioni; livello del Sé: Proto-Sé).
- Presenza nucleare: la capacità di separare tra percezioni e rappresentazioni/immagini mentali (livello dell'attività: azioni; livello del Sé: Sé Nucleare).
- Presenza estesa: la capacità di separare all'interno del flusso percettivo gli elementi significativi, le *affordance* (livello dell'attività: attività; livello del Sé: Sé Autobiografico).

Per un'analisi più approfondita dei tre livelli si veda Riva (2004).

Ma che cosa succede quando un soggetto sperimenta un elevato senso di presenza in ciascuno dei tre livelli? Secondo Riva (*ibidem*) quando l'elevato senso di presenza nei tre livelli si associa ad uno stato emozionale positivo (è possibile sperimentare la situazione di massima presenza anche in situazioni emotive negative, come durante una fuga), il soggetto sperimenta uno stato particolare definito *flow experience*, esperienza di flusso o flusso di coscienza.

Tale condizione è caratterizzata da un elevato livello di concentrazione e di partecipazione all'attività, dall'equilibrio fra la percezione della difficoltà della situazione e del compito (*challenge*) e le capacità personali (*skills*), dalla sensazione d'alterazione temporale, (l'orologio interno rallenta, mentre l'orologio esterno accelera), da un interesse intrinseco per il processo che produce un senso di piacevolezza e soddisfazione.

Tabella 3.1. I livelli della presenza (adattato da Riva, 2004)

	Livello di Coscienza	Rapporto con il Sé	Funzione	Elementi che aumentano il livello di presenza	Livello evolutivo
<i>Proto presenza</i>	Proto-Sé	Sé in opposizione al non-Sé	<i>Separare all'interno del flusso sensoriale gli stimoli correlati ai propri movimenti</i>	L'accoppiamento tra percezione e azione	Iniziale
<i>Presenza nucleare</i>	Coscienza Nucleare	Sé in opposizione al mondo esterno che lo circonda dalle rappresentazioni mentali	<i>Separare all'interno del flusso sensoriale le percezioni</i>	La vividità e la multisensorialità	Medio
<i>Presenza estesa</i>	Coscienza Estesa	Sé in relazione al mondo esterno che lo circonda	<i>Separare all'interno del flusso sensoriale gli elementi significativi, le affordance</i>	L'importanza, la valenza, che il soggetto attribuisce ai diversi stimoli	Elevato

3.3. APPRENDIMENTO E REALTÀ VIRTUALE

Da quanto abbiamo visto finora, la principale opportunità offerta dalla realtà virtuale nel processo di acquisizione della conoscenza è data dalla possibilità di partecipare attivamente nella creazione e nello sviluppo della propria conoscenza: l'apprendimento mediante la VR è legato allo «scoprire» e al «fare» in prima persona.

Come rileva Antinucci, la realtà virtuale, permette di «conoscere il mondo» mediante un apprendimento di tipo senso-motorio, più naturale per l'essere umano, rispetto all'apprendimento di tipo simbolico-ricostruttivo, mediato dalla scrittura:

La scuola è organizzata intorno a una certa modalità di apprendimento, quella che si chiama «simbolico-ricostruttiva», a sua volta supportata da una certa tecnologia, quella della stampa. Le conoscenze sono formulate in un testo, vale a dire in un'estensione di linguaggio totalizzante e autosufficiente, tipicamente incarnato nella forma-libro ... La scuola, invece, non prevede e non sfrutta affatto l'altra modalità di apprendimento di cui disponiamo, quella chiamata «percettivo-motoria». In questa non si opera sui simboli ma sulla realtà, e non si opera all'interno della propria mente, ma all'esterno con la percezione e l'azione. Si osservano fenomeni e comportamenti, si interviene con la propria azione per modificarli, si osservano gli effetti della propria azione, si riprova a intervenire, e così via. Si ripetono tipicamente cicli di percezione e azione ciascuno operante sul risultato dell'altro: insomma si prova e riprova. La conoscenza emerge da questo «fare esperienza». (On-line: <http://www.fub.it/telema/TELEMA16/Antinu16.html>)

In quest'ottica, la realtà virtuale può essere considerata una interfaccia «esperienziale», in cui la componente percettiva (visiva, tattile, cinestesica) si fonde con l'interattività: io conosco gli oggetti e imparo ad utilizzarli attraverso l'esperienza diretta e in tempo reale delle loro reazioni in funzione delle mie azioni. Per questo la realtà virtuale viene utilizzata per far apprendere al soggetto delle abilità motorie complesse nei simulatori di volo, di guida o, in ambito medico, nelle simulazioni chirurgiche.

La componente esperienziale della realtà virtuale può essere anche utilizzata nel trattamento di diversi disturbi psicologici come le fobie e i disturbi alimentari.

Questa tecnologia ha trovato applicazione anche nell'ambito della riabilitazione. Dato che la riabilitazione deve consentire al paziente di riappropriarsi delle capacità di programmare, eseguire e controllare sequenze di azioni e comportamenti complessi, pur continuamente elicitati dallo svolgersi della vita quotidiana, la realtà virtuale risulta particolarmente indicata per questo scopo. Inoltre permette di costruire scenari spaziali e temporali realistici che possono essere usati per ampliare la sensibilità diagnostica dei test carta e matita.

4.

VERSO L'«EMBODIMENT»: APPRENDERE L'AZIONE IN REALTÀ VIRTUALE

4.1. POSSIBILITÀ DI INTERAZIONE ED ACQUISIZIONE DI CONOSCENZA

Come abbiamo avuto modo di approfondire nel secondo capitolo, è proprio la possibilità di interazione con un ambiente di realtà virtuale a generare il senso di presenza in esso. Abbiamo anche visto come il termine interazione non si limiti ad indicare la singola azione nel mondo o la sequenza di azioni più complesse che l'utente è in grado di fare con esso. In una prospettiva più ampia, esso indica la complessa costruzione di senso che gli esseri umani fanno nell'agire in uno spazio, sia esso simulato che non (Carassa, Morganti, Tiras-
sa, 2004; 2005). È in questa accezione più ampia che il termine verrà usato nel resto della trattazione. In questo capitolo vedremo come proprio il senso di presenza determinato dalla interazione significativa con ambienti simulati possa supportare l'acquisizione di conoscenza.

La possibilità di acquisire conoscenza nell'interazione con un mondo simulato in realtà virtuale sembra essere in contrasto con la definizione di rappresentazione del mondo sulla quale la scienza cognitiva ha basato la maggior parte delle teorie sulla conoscenza.

Come può un mondo simulato dal computer, e quindi riconoscibile come un mondo generato dal computer, «ingannare» la capacità rappresentativa degli esseri umani fino a divenire efficace fonte di conoscenza?

Francisco Varela, nel descrivere la sua prima esperienza con un sistema di realtà virtuale presenta questa esperienza come un chiaro esempio di quella che lui chiama «co-definizione della circolarità del vivente» (Varela, 1990). Cosa intende spiegare l'autore con questa criptica definizione? La posizione epistemologica a cui vuole condurci è quella in cui non si deve più considerare il mondo come qualcosa di esterno a noi, la cui conoscenza avviene attraverso un processo di rappresentazione, bensì come qualcosa di legato strettamente a noi attraverso un processo senso-motorio su cui si fonda la nostra conoscenza di esso. È proprio abbandonando l'idea di conoscenza come fedele rappresentazione del mondo esterno che possiamo comprendere come sia possibile acquisire conoscenza anche nell'interazione con un ambiente simulato in realtà virtuale. Se siamo disposti ad abbracciare una visione della conoscenza come emergente da un processo di co-definizione fra soggetto che conosce e oggetto conosciuto non sarà difficile comprendere come proprio la possibilità di interazione risulterà essere il processo attraverso il quale l'acquisizione di conoscenza ha luogo. Se assumiamo infatti che è attraverso interazione senso-motoria che si co-determina il mondo, l'ampia possibilità di interazione consentita nei sistemi di realtà virtuale, ed il senso di presenza che ne deriva, farà in modo che l'ambiente simulato divenga uno dei tanti mondi possibili da cui acquisire conoscenza.

Un chiaro esempio di come questa co-determinazione sia possibile è dato da Carassa (2000) nel descrivere come la conoscenza sia strettamente legata al modo in cui un agente interagisce globalmente con il mondo. Definendo gli esseri umani come metarappresentazionali, in grado cioè di rappresentare non solo la propria conoscenza ma anche quella degli altri esseri umani con cui si trovano ad interagire, questo autore ci mostra come sia possibile creare organizzazioni della conoscenza che permettono agli uomini non solo di conoscere il mondo, ma anche di creare con esso una relazione adattiva basata sull'azione. Non esistono in questa prospettiva piani espliciti per muoversi ed esplorare un ambiente, ma la conoscenza è

il frutto della continua interazione fra le intenzioni dell'agente ed i feedback che esso riceve di volta in volta dalla modificazione del contesto in cui sta agendo. È da questa interazione circolare che emerge la conoscenza.

Lo studio dell'acquisizione di conoscenza strettamente legata all'azione, e all'interazione con il contesto in cui gli agenti si trovano ad operare, ha ricevuto più ampio consenso nella comunità scientifica solo a partire dalla fine del secolo scorso. Da un paradigma strettamente computazionale, largamente diffuso nelle scienze cognitive, in cui la mente umana seleziona ed elabora stimoli indifferenziati provvisti dall'ambiente, si è più recentemente giunti ad una visione della conoscenza umana come legata alla possibilità di azione ed interazione significativa con il mondo. Si rimanda il lettore al contributo di (Pylyshyn, 1990) *Computation and Cognition* per quanto concerne un approfondimento del paradigma computazionale, ed alla pubblicazione *Situated Cognition* (Clancey, 1997) per maggiore esemplificazione del paradigma di cognizione situata.

Senza volerci addentrare in un'articolata trattazione sulla controversa transizione dall'approccio computazionale alla cognizione situata, in questa sede ci proponiamo di analizzare quali conseguenze questo spostamento abbia prodotto per lo studio dell'acquisizione di conoscenza e come la modificazione della prospettiva teorica abbia introdotto numerose opportunità per lo studio della cognizione anche in ambienti simulati come nel caso degli ambienti virtuali.

Adottando il punto di vista della scienza cognitiva computazionale – considerando, quindi, la mente come un elaboratore di informazioni a-spaziale e a-temporale – molteplici sono i contributi teorici sviluppati per definire come la mente umana sia in grado di percepire e rappresentarsi il mondo circostante. Il più interessante e conosciuto fra questi è sicuramente quello proposto da Fodor (1983) secondo il quale, la conoscenza del mondo e la possibilità di azione in esso, sono rese possibili dall'esistenza di specifiche strutture deputate. Prima di tutto vi sono differenti moduli sensoriali altamente specializzati, che raccolgono ed interpretano le stimolazioni ambientali e costituiscono l'interfaccia fra mente e mondo. Le informazioni da essi raccolte vengono integrate e «tradotte» in un linguaggio del pensiero – attraverso l'applicazione di regole formali

basate su strutture simboliche (Newell, Simon, 1976) – in modo da poter essere propriamente utilizzate per compiere coerenti azioni nel mondo. È facile comprendere come la definizione di mondo che ne deriva è da un lato quella di una fonte di informazioni al servizio della conoscenza e dall'altro quella di scenario in cui le azioni hanno luogo.

In netta opposizione con la visione della mente umana come elaboratore di informazioni e strumento di pianificazione dell'azione, la visione situata della cognizione pone al centro della conoscenza il mondo come banco di prova in cui la mente umana si trova ad agire.

Il corpo diviene così un'interfaccia tra mente e mondo non nell'accezione fodoriana di collettore di stimoli ma, in quanto teatro stesso dell'azione, in grado di permettere la fusione fra il pensiero e lo specifico contesto ambientale. Gli esseri umani, infatti, interagiscono continuamente con il contesto ambientale in cui si trovano mantenendo all'interno di esso una continuità nelle attività che stanno svolgendo in piena autonomia. La continuità delle azioni che essi svolgono concorre a determinare un accoppiamento fra l'essere umano (o meglio con le sue intenzioni, pianificazioni di azioni complesse ed esecuzione di movimenti) con il contesto in cui questi si trovano di volta in volta. Attori e mondo si trovano in questo modo ad essere inscindibilmente relati e reciprocamente modificabili. Parallelamente, come abbiamo visto nel capitolo precedente, il riuscire a portare a termine le proprie attività in modo autonomo rispetto al continuo modificarsi del mondo è resa possibile agli esseri umani dalla capacità di mantenere una separazione fra la stessa mente ed il mondo esterno (Damasio, 1994). L'autonomia della mente dal mondo non implica che vi sia un ambiente esterno che viene continuamente percepito e rappresentato in stati mentali interni all'individuo. È invece più importante che nella continua azione situata nel mondo, gli esseri umani siano in grado di distinguere loro stessi dal contesto che da vita alle proprie azioni, intenzioni, credenze ed emozioni. Pur situando il loro essere nel mondo, essi infatti sono in grado di mantenere la continuità del proprio sé in tutte le attività che si trovano a svolgere in un continuo gioco di equilibrio fra interno ed esterno (Carassa, Tirassa, 2005). È proprio questo equilibrio a determinare un efficace accoppiamento fra le peculiarità di

ogni essere umano e le caratteristiche del contesto in cui esso si trova. Il contesto, infatti, è caratterizzato da innumerevoli elementi, come le informazioni e le dinamiche del mondo, che ne costituiscono il succedersi di eventi e di occorrenze. È per questo che ogni attore deve essere in grado di individuare gli elementi del mondo che possono costituire per ognuno di questi contesti possibilità di interazione ottimali. Ed egli sarà in grado di soddisfare efficacemente questa necessità mantenendo un senso di coerenza ed autonomia nel cogliere le opportunità d'azione che il mondo gli offre. Avremo modo di vedere nella prosecuzione della nostra argomentazione come questa distinzione tra un approccio allo studio della cognizione come processo di rappresentazione del mondo esterno da una accezione della cognizione umana come situata in un contesto, possa fornirci interessanti elementi di argomentazione per descrivere l'esperienza in realtà virtuale e l'acquisizione di conoscenza che ne segue.

Prima, però, di trattare l'acquisizione di conoscenza negli ambienti virtuali, è necessario ribadire come un approccio situato allo studio della cognizione possa contribuire ad un progressivo modificarsi della definizione di apprendimento, fino a divenire un attivo processo di acquisizione di conoscenza nell'esperienza con il mondo.

In una prospettiva teorica in cui la possibilità di acquisire conoscenza viene costruita e manifestata nell'azione, diviene importante una progettazione di ambienti virtuali, non solo tecnologicamente avanzati ed in grado di migliorare la corrispondenza fra la simulazione VR e la realtà esterna, ma anche una progettazione funzionale in grado di permettere un ampio grado di azione negli stessi (Riva, 2000). Non si rincorre più quindi l'ideale di raggiungimento di una totale fedeltà di riproduzione, ma divengono sempre più importanti le interazioni possibili all'interno dell'ambiente simulato ed il soggettivo senso di presenza che ne deriva.

È unicamente in questa prospettiva che il senso di presenza esperito nell'interazione con un ambiente virtuale sarà in grado di supportare l'acquisizione di conoscenze complesse.

Con l'intento di chiarire questa prospettiva teorica verranno introdotti due esempi applicativi di acquisizione di conoscenza in VR, che potrebbero apparire ad uno primo sguardo molto distanti fra loro, mentre riteniamo che entrambi concilino una visione del-

l'apprendimento strettamente legata all'azione. La prima applicazione cercherà di dare un esempio di come il senso di «presenza fisica» (*embodiment*) dell'agente in un ambiente virtuale possa supportare l'acquisizione di comportamenti motori complessi. La seconda applicazione, proposta nel capitolo successivo, fornirà un esempio di come la «presenza spaziale» permetta l'acquisizione e l'organizzazione di conoscenza del mondo circostante.

4.1.1. «Embodiment», dal corpo alla mente

Uno degli aspetti della realtà virtuale che ha maggiormente colpito la comunità scientifica è sicuramente la capacità di questo artefatto di creare una stretta relazione fra strumento tecnologico e corpo.

Il punto di accordo a cui i ricercatori sono giunti negli ultimi anni è quello di poter considerare l'esperienza in VR come un «essere dislocati» in un ambiente simulato ed essere in grado di compiere azioni in esso. Inoltre, nell'evoluzione delle interfacce virtuali, possiamo notare due tendenze generali: Le interfacce tendono sempre più ad un adattamento con la «corporeità» che gli esseri umani hanno, allo stesso tempo, però, le azioni umane tendono man mano a conformarsi all'interazione con gli artefatti tecnologici (Mantovani, 2002).

Ma, mentre l'adattamento delle interfacce tecnologiche all'uomo è un processo noto e studiato in particolare all'interno delle scienze ergonomiche, come è possibile che la mente umana si adatti gradualmente all'artefatto tecnologico fino a rendere questo trasparente come avviene nella realtà virtuale?

Bateson (1972) caratterizza la mente umana come «ecologica», in grado cioè di integrarsi flessibilmente con l'ambiente attraverso un continuo processo evolutivo. La mente umana, egli dice, è capace di creare una progressiva integrazione fra le caratteristiche corporee degli esseri umani e gli artefatti comunicativi basandosi essenzialmente su un continuo processo di mediazione culturale. Ogni mezzo di comunicazione coinvolge in modo differente gli esseri umani i quali, attraverso l'interazione con esso, sono in grado di acquisire pattern di informazioni significative, che si rivelano essere utili per questo adattamento. Ma la mente umana non è disin-

carnata bensì strettamente legata al corpo «in cui risiede» dal quale acquisisce continuamente informazioni sul mondo (Damasio, 1994). In una unica parola possiamo definirla *embodied*. In questo modo il pensiero ha bisogno della mediazione corporea per avere origine ed è proprio sul corpo che viene adattato. Come sottolineato da Lakoff e Johnson (1980) il corpo è da una parte la cornice di riferimento nella quale tutte le nostre esperienze avvengono; dall'altra, il corpo diviene, attraverso i sensi, il principale legame fra la mente ed il mondo.

Pur non avendo fino al secolo scorso, trovato largo spazio di applicazione, la definizione di *embodiment* è stata largamente dibattuta nelle aree della filosofia e delle scienze cognitive.

Fra gli autori filosofici del '900, il primo a far esplicito riferimento all'importanza del corpo nel pensiero umano è stato Heidegger (1927). Egli, infatti, sviluppa una fenomenologia in cui l'attività umana può essere compresa non come il risultato di rappresentazioni del mondo scollegate da un contesto, bensì attraverso l'esperienza contestualizzata di un sistema corpo-ambiente. Partendo da questa posizione teorica, Dreyfus (1992) propone nelle scienze cognitive una seria critica alle posizioni connessioniste proposte negli ultimi decenni dall'intelligenza artificiale. L'autore ritiene che il tentativo di progettare sistemi artificiali (in grado di permettere di gestire situazioni a lungo termine generalizzando la conoscenza) e la rinuncia a sviluppare sistemi situati (in grado di rispondere ad esigenze locali) siano un grave errore, frutto della progettazione astratta e disincarnata della cognizione che l'intelligenza artificiale ancora persegue.

Parallelamente alla posizione filosofica di Heidegger, nelle scienze sociali, Vygotsky (1934) propone una visione della comunicazione come strettamente situata in una attività sociale fra individui, supportando un'idea di *embodiment* anche nell'interazione comunicativa. In analogia con questa posizione è la visione di Piaget (1954) circa l'importanza della mediazione corporea nello sviluppo delle abilità cognitive degli esseri umani. Nella sua definizione di «reazione circolare», attraverso la quale i bambini acquisiscono abilità e conoscenze, l'autore mette in luce come la ripetizione di un'attività, strettamente legata al corpo che la mette in atto, consenta di passare da uno stadio di conoscenza a quello successivo nello sviluppo cognitivo.

Un ulteriore esempio di fenomenologia della mente che tiene in ampia considerazione il ruolo dell'*embodiment* è dato da Merleau-Ponty (1945) secondo il quale la maniera in cui gli esseri umani percepiscono gli oggetti del mondo è totalmente influenzata dalle possibilità di interazione che l'oggetto stesso offre al nostro corpo. Possiamo notare in proposito come questa stessa posizione filosofica abbia significativamente influenzato la teoria della percezione sviluppata in seguito da Gibson (1977), nella quale il mondo non viene indifferenziatamente percepito ma offre agli esseri animati delle opportunità d'azione, delle *affordances*. Lo stesso Merleau-Ponty (*ibidem*), inoltre, estremizza la sua visione di cognizione incarnata, sostenendo come il corpo sia il medium attraverso cui gli esseri umani sono in grado di concepire il mondo nella sua totalità. È solamente attraverso l'attività, che corporeamente gli uomini hanno nel mondo, che essi sono nella condizione di determinare cosa può essere esperienza del mondo stesso.

Principale conseguenza di questa visione è la mediatezza di ogni esperienza umana: visto che il soggetto non è totalmente sovraffonabile al proprio corpo, tutte le sue esperienze sono necessariamente mediate, compresa quella corporea. Tale affermazione, apparentemente controintuitiva, in realtà trova conferma nei risultati di molte ricerche in ambito neurologico e nel fenomeno dell'arto fantasma: le sensazioni, spesso di dolore, che un soggetto amputato prova nello spazio in cui era presente l'arto. Se una persona amputata «sente» il braccio anche quando questo fisicamente non c'è più, ciò significa che l'esperienza del nostro corpo non è diretta ma mediata dalla nostra mente.

L'altra conseguenza dell'*embodiment* è la predisposizione del soggetto alla creazione e all'uso di artefatti che estendano la possibilità di azione del soggetto nell'ambiente. Così come l'uomo impara a controllare il proprio corpo e a guidarlo verso i propri obiettivi, può imparare ad utilizzare gli artefatti per estendere le proprie capacità. In pratica, attraverso l'uso dell'artefatto, il soggetto allarga in maniera trasparente i confini del sé.

È interessante come queste riflessioni siano state riprese recentemente anche dalla psicologia cognitiva e dalla neuropsicologia. Maturana e Varela (1980) definiscono l'essere vivente una «macchina autopoietica», cioè un sistema la cui principale funzione è la

creazione e il mantenimento di una propria unità che la differenzia dall'ambiente in cui è inserita. Sviluppando questo concetto Andy Clark (2003) definisce l'uomo *natural born cyborg*: un essere vivente in grado di incorporare dentro di sé in maniera trasparente le tecnologie che crea e usa.

A partire da posizioni teoriche riconducibili a queste brevemente delineate, e combinando le stesse con una visione della cognizione come inscindibile dal suo contesto d'azione, si viene gradualmente prospettando una visione dell'esperienza e della conoscenza come strettamente legata non solo all'azione corporea, ma soprattutto alla corporeità come medium conoscitivo.

È essenzialmente per questo motivo che l'evoluzione della tecnologia VR ha da sempre aspirato ad un progressivo adattamento delle interfacce al corpo, sviluppando avanzati sistemi in grado di coinvolgere integralmente gli apparati percettivi fino a determinare una completa immersione sensoriale (Biocca, 1995). Con l'intento di supportare l'idea di una mente *embodied* in grado di acquisire conoscenza non solo nella diretta interazione con il mondo ma anche fruendo di informazioni mediate, infatti, numerosi ricercatori hanno cercato di definire gli obiettivi da perseguire affinché la tecnologia VR possa fornire all'utente un sempre più completo senso di presenza in un ambiente virtuale. Il principale di questi obiettivi è stata la ricerca di accorgimenti in grado di aumentare il coinvolgimento sensoriale dell'utente. Sheridan (1992) definisce la presenza fisica proprio come strettamente collegata alla quantità di stimolazioni sensoriali che un sistema VR è in grado di veicolare. Più alta è la quantità di stimolazioni che il sistema VR sarà in grado di fornire all'utente, maggiore sarà il senso di presenza esperito da questi nell'esperienza virtuale. Come abbiamo già avuto modo di vedere nella presentazione delle teorie sulla presenza, questa definizione è stata per molti anni largamente condivisa ed ha trovato larghi consensi fra gli sviluppatori di sistemi VR. Partendo da questa prospettiva altri autori hanno, invece, cercato di evidenziare una dimensione qualitativa della stimolazione sensoriale nei sistemi VR ritenendo che il senso di presenza non sia generato dal numero di stimolazioni sensoriali bensì dalla capacità di preservarne alcune caratteristiche peculiari (Durlach, Mavor, 1995). In quest'ottica si è cercato di fornire all'utente una stimolazione che potesse compren-

dere anche canali sensoriali generalmente considerati poco rilevanti, come l'olfatto o il tatto, in modo che egli potesse avere la possibilità di integrare anche queste stimolazioni in un coerente pattern di informazioni nell'esperienza virtuale. L'interazione con il medium in questo caso è ritenuta tanto più *embodied* quanto più sono rappresentate le stimolazioni dei canali sensoriali. Biocca e Delaney (1995) a questo proposito mettono in evidenza come non sia solo importante coinvolgere la maggior parte delle stimolazioni sensoriali per ottenere un adattamento della mente al sistema, ma come sia anche necessario incrementare la fedeltà delle stimolazioni sensoriali proposte. Quest'ultima viene definita come la «configurazione di energia» fornita agli specifici canali sensoriali. Si ottiene un'alta fedeltà alla stimolazione sensoriale in VR quando la configurazione di energia fornita all'utente è paragonabile a quella che lo stesso utente potrebbe ottenere dal mondo non mediato. Un esempio di questo aspetto è dato dalla vividezza dei colori o dalla risoluzione dell'immagine, per quanto concerne la configurazione di energia percettiva legata al sistema visivo. Secondo questa visione un efficace coinvolgimento fisico in un ambiente virtuale richiede l'isolamento dalle stimolazioni del mondo non mediato. È opinione condivisa, infatti, che il nostro sistema sensoriale abbia un livello di saturazione della rilevazione degli stimoli ambientali oltre il quale tutte le altre informazioni non sono processate (Umiltà, Moscovitch, 1994).

Nella realtà non simulata è l'attenzione a fare da filtro alle informazioni rilevanti per la nostra mente, nella realtà virtuale secondo alcuni autori è possibile far in modo che questo filtro si potenzi attraverso l'uso di alcuni particolari sistemi hardware. Se l'idea centrale è quella di supportare la soppressione di stimolazioni interferenti con l'esperienza in VR, allora sarà facile comprendere come un sistema di fruizione dell'informazione altamente immersivo, quale un HMD o una camera di proiezione, sarà in grado di «separare» maggiormente l'utente dal «mondo esterno» fino a supportarne maggiormente il coinvolgimento nell'esperienza.

Parallelamente al supporto del senso di presenza fisica attraverso la stimolazione dei sensi, si è riposta particolare attenzione al coinvolgimento motorio nell'interazione con il mondo virtuale. Bardini (1997) fa notare come l'introduzione del mouse abbia reso il modo di interagire con il computer essenzialmente *embodied*. L'uso

della tastiera, infatti, pur prevedendo un'interazione fisica veicola l'informazione in ingresso nel computer servendosi di una codifica simbolica delle informazioni. L'introduzione del mouse ha fatto in modo, invece, che potessero essere rilevati i movimenti del corpo e che proprio questi costituissero l'informazione rilevante per il sistema. Analogamente, come abbiamo già avuto modo di vedere nel primo capitolo, gli strumenti di acquisizione dell'informazione in VR sono in grado di catturare la morfologia degli utenti coinvolti nell'interazione in VR e di utilizzare ogni variazione di essa come informazione rilevante per la modifica dell'ambiente virtuale. Per questo motivo perseguendo ancora una volta un ideale di *embodiment* ottimale nell'interazione in VR sono stati sviluppati tracciatori di posizione sempre più sensibili alle variazioni di movimento, strumenti per il controllo della deambulazione che tengono sensibilmente conto della calibrazione della velocità e forza durante uno spostamento, ed *hardware* che possono offrire feedback aptici sempre più precisi.

Alcuni autori (Held, Durlach, 1991), in fine, hanno ritenuto che la presenza fisica potesse essere generata dalla coordinazione sensomotoria che gli esseri umani esperiscono nell'interazione con un ambiente virtuale. In un ambiente non simulato la coordinazione sensomotoria è data dalla congruenza delle stimolazioni che il sistema percettivo ed il sistema somatosensoriale hanno durante uno spostamento del corpo nello spazio. Un esempio di fallacia della coordinazione sensomotoria è data dall'essere seduti in treno contrari al senso di marcia, ed un effetto di esso è il senso di nausea che ne deriva. In VR, è anche necessario che i movimenti dell'utente vengano codificati nel modo corretto e che la modificazione dell'ambiente che ne consegue sia in grado di fornire adeguati feedback all'azione. La scelta dei sensori di movimento, quindi, dovrà essere la più adeguata alla rilevazione dell'informazione motoria che si intende acquisire e i cambiamenti nell'ambiente virtuale dovranno avvenire coerentemente con questa informazione. Il corpo umano, infatti, nel muoversi in uno spazio tiene traccia sia della sua posizione che della prospettiva del mondo che può derivare da ogni suo spostamento (Andersen, Snyder, Bradley, Xing, 1997; Muehl, Sholl, 2004). Queste informazioni in una simulazione VR devono rimanere coerenti perché l'*embodiment* in esso sia possibile. A questo proposito è facile comprendere come possa risultare inutile o come mi-

nimo fuorviante la rilevazione di un movimento di rotazione dell'utente e la presentazione di questo come un movimento traslatorio in un VE.

Riassumendo gli obiettivi proposti finora, possiamo affermare che ogni progettazione di un sistema VR deve far in modo di garantire il più possibile all'utente un coinvolgimento del corpo nell'interazione, poiché è proprio attraverso l'interazione senso-motoria che si sviluppa il senso di presenza. E ciò consente l'acquisizione di conoscenza.

Volendo affrontare questo tema da un punto di vista opposto è possibile porsi una domanda strettamente legata alla consapevolezza che gli esseri umani hanno del loro essere *embodied*. Come è possibile che l'utente si «riconosca» nella rappresentazione virtuale di sé o di una parte di sé? La maggior parte degli ambienti virtuali, infatti, prevede la presenza di un agente simulato (*avatar*) che rappresenta l'utente nell'ambiente virtuale. Senza volerci in questa sede addentrare in disquisizioni teoriche su cosa significhi avere una rappresentazione del sé nel mondo, che hanno pervaso la ricerca in neuropsicologia cognitiva (si vedano, in proposito: Ventre, Flandrin, Jeannerod, 1984; Vallar, Bottini, Rusconi, 1993; Graziano, Gross, 1994; Zorzi, Giroto, 2004), vorremmo in questa sede analizzare quali sono requisiti essenziali perché questo processo avvenga in realtà virtuale.

Mentre un utente si trova ad interagire con un mondo simulato, e trova al suo interno una rappresentazione grafica di se stesso, perché questa divenga una rappresentazione soggettiva di se, ed egli vi possa attribuire la propria identità, è essenziale che venga creato un modello mentale di questa particolare situazione. Il modello viene creato cercando analogie non tanto nella somiglianza fisica bensì nello schema corporeo (ad esempio essere bipede o quadrupede), e nelle caratteristiche essenziali dello schema corporeo (ad esempio l'antropomorfismo; Bonda, Frey, Petrides, 1996). Una volta che il modello mentale del «sé nel mondo virtuale» è stato possibile, questo potrà essere usato per l'interazione. La ricerca sugli schemi corporei, ci mostra purtroppo come, anche nel mondo non simulato, questi non risultino essere così stabili (Fisher, Cleveland, 1968). Alcuni studi mostrano, inoltre, come l'uso della realtà virtuale, soprattutto nella modalità immersiva, possa alterare radicalmen-

te lo schema corporeo dell'utente. Quando un utente cerca di affermare un oggetto in VE, ad esempio, possono rivelarsi delle distorsioni fra lo schema corporeo che permette la coordinazione del movimento nel mondo fisico e la rappresentazione del movimento nello spazio simulato (Biocca, Rolland, 1998). Ciò può produrre una non corrispondenza tra le azioni dell'utente e la simulazione virtuale che riduce l'*embodiment* in VR ed il senso di presenza che ne deriva.

Come già anticipato nelle conclusioni del precedente capitolo questa visione della presenza fisica (*embodiment*) tiene essenzialmente conto dell'interazione che gli esseri umani si trovano a compiere con una tecnologia avanzata. Partendo da questa prospettiva di interazione uomo-computer non è possibile superare la «distorsione» del senso di presenza senza auspicare sempre più una corrispondenza fra utente e tecnologia.

Partendo invece da un'idea di presenza legata alla cognizione vedremo nei prossimi paragrafi un esempio di come le problematiche legate al coinvolgimento corporeo ed alla rappresentazione del sé nel mondo virtuale sono stati affrontati senza ricorrere ad accorgimenti tecnologici altamente sofisticati. Prima di introdurre lo scenario esplicativo, però, ci risulterà estremamente utile approfondire un aspetto delle capacità cognitive proprie degli esseri umani che è risultato essere il legame fondamentale con il processo di creazione del sé in VR: l'immaginazione motoria.

4.1.2. *Dalla mente al corpo, l'immaginazione motoria*

Gli esseri umani hanno la capacità di eseguire mentalmente azioni motorie senza muovere alcun muscolo corporeo. Questo processo mentale viene comunemente chiamato immaginazione motoria.

Oltre a conoscere questa capacità dalla nostra semplice autoosservazione esistono numerose evidenze, provenienti dalla psicologia cognitiva, dalle neuroscienze, dalla riabilitazione e dalla psicologia dello sport, che comprovano l'esistenza di questa capacità mentale. Ognuna di queste aree di ricerca si è focalizzata su alcuni aspetti dell'immaginazione motoria, usando molto spesso definizioni differenti per indicare lo stesso processo. Cercheremo quindi, come primo passaggio, di disambiguare questa terminologia.

Viene definita «immaginazione» l'esperienza percettiva che ha luogo in assenza di uno stimolo esterno. L'esperienza immaginativa non è solo di tipo visivo, ma può essere anche di natura uditiva, gustativa, tattile ed olfattiva, o può derivare dalla combinazione di queste modalità sensoriali (Cioffi, 1980). Da un punto di vista cognitivo esistono evidenze del fatto che immaginare una forma ed un colore coinvolge gli stessi processi implicati nel percepire gli stimoli fisici (Binet, 1886). Più recenti studi neurofisiologici hanno mostrato inoltre come vi siano dei meccanismi neurali ugualmente coinvolti sia nell'immaginazione e nella percezione di uno stesso oggetto (Farah, 2000; Sirigu, Dulham, 2001).

Il termine immaginazione motoria invece si riferisce alla capacità di simulare mentalmente un'attività motoria in assenza di una macroscopica attivazione muscolare. Quando l'immaginazione del movimento assume una prospettiva egocentrica (cioè centrata sull'osservatore) e non si sta immaginando un ambiente, si parla di immaginazione chinetica. Utilizzando questa capacità una persona è in grado di immaginare il movimento delle proprie parti del corpo nello spazio (Jeannerod, 1994). Come fatto da Binet (*ibidem*), già alla fine del diciannovesimo secolo Stricker (1885) mostrò come esista un'interferenza cognitiva nell'immaginare ed eseguire un'azione. Provate ad esempio ad afferrare un oggetto di fronte a voi mentre immaginate di ruotarlo ed avrete un esempio di interferenza cognitiva. È proprio l'esistenza di un'interferenza cognitiva a far supporre una corrispondenza fra le risorse cognitive impegnate nell'immaginazione e nell'azione. Naturalmente non è possibile basare una teoria su questa semplice esperienza quotidiana, ma è partendo da esperienze di difficoltà cognitive nell'eseguire in parallelo questi processi che si è dato inizio a numerose ricerche sull'immaginazione motoria. Attualmente vi sono, infatti, numerose evidenze del parallelismo fra azione motoria ed azione immaginativa, provenienti non solo dalla psicologia, ma anche dallo studio delle strutture neuro-anatomiche implicate e dall'osservazione del loro funzionamento.

In una prospettiva di indagine psicologica sono stati sviluppati numerosi studi basati sul paradigma di cronometria mentale, nei quali vengono paragonati i tempi necessari ad un soggetto per compiere e immaginare lo stesso movimento. I risultati mostrano come

vi sia una corrispondenza cronologica nell'eseguire ed immaginare il compito e come maggiore è la difficoltà del compito motorio maggiore sarà il tempo necessario per immaginarlo (Fitt, 1954). Utilizzando la realtà virtuale Decety e Jeannerod (1996) hanno valutato il tempo necessario richiesto dagli utenti per immaginare di attraversare passaggi di diverse dimensioni simulati al computer. I risultati ottenuti mostrano come il tempo di risposta è più alto quando viene richiesto ai soggetti di immaginare di passare attraverso il passaggio più stretto, confermando i dati sulla cronometria dell'immaginazione motoria anche per contesti simulati in VR.

In aggiunta agli studi di cronometria mentale, analizzando la variazione dei parametri fisiologica (come frequenza della respirazione, battito cardiaco, e così via) nei soggetti coinvolti in compiti di immaginazione motoria, Bonnet e collaboratori (1997) evidenziano come durante le sessioni immaginative vi sia un'attivazione del sistema vegetativo simile a quella osservabile nella vera e propria programmazione di un movimento. Questa evidenza sembra indicare come, anche nell'immaginazione motoria, vi sia un coinvolgimento delle strutture del sistema nervoso centrale che controllano il movimento corporeo in grado di anticipare i cambiamenti metabolici degli organi periferici.

A conferma di ciò le moderne tecniche di visualizzazione del sistema nervoso centrale, come la risonanza magnetica funzionale (fMRI) e la tomografia ad emissione di positroni (PET) hanno permesso mostrare come vi sia anche una corrispondenza fra aree anatomiche attivate durante l'esecuzione e l'immaginazione di un compito motorio eseguito con l'arto superiore. In particolare l'area motoria supplementare (SMA), la corteccia premotoria (*Fig. 4.1.*) ed i gangli della base (*Fig. 4.2.*), tutte aree deputate alla programmazione e all'esecuzione del movimento, risultano essere coinvolte in entrambi i processi (Decety, Perani, Jeannerod, Bettinardi, Tadary, Mazziotta, Woods, Fazio, 1994).

Un'ultima, ma non per questo meno importante, evidenza, in favore dell'ipotesi di congruenza fra movimento immaginato ed agito viene data dalla ricerca in neuropsicologia. Da un lato alcune ricerche evidenziano come la lesione di aree motorie del sistema nervoso centrale provochino non solo la compromissione del movimento ma anche dell'immaginazione motoria.

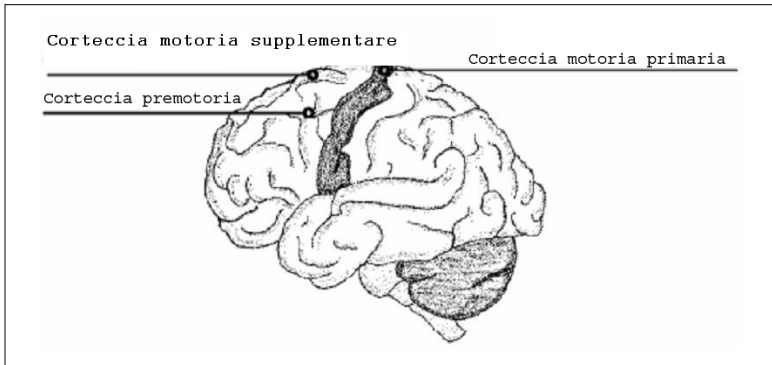


Figura 4.1. La corteccia motoria

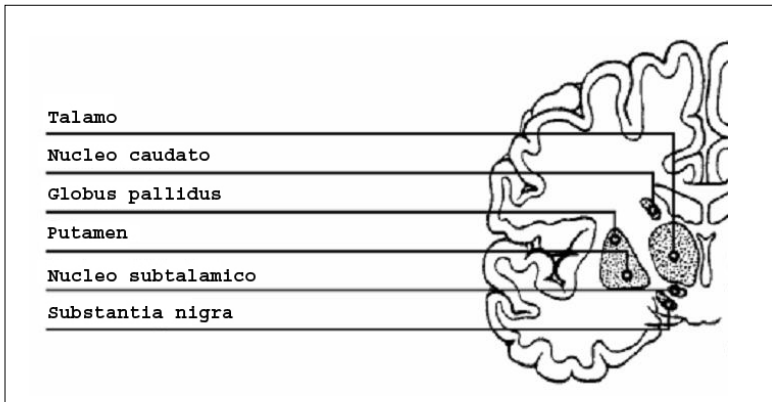


Figura 4.2. I gangli della base

Dall'altro come pazienti con lesioni all'apparato motorio (come ad esempio la frattura colonna vertebrale) non risultino mostrare difficoltà nell'eseguire compiti di immaginazione motoria.

Questi dati sottolineano fortemente come la capacità di immaginazione motoria sia strettamente legata al funzionamento del sistema nervoso centrale più che all'attività degli apparati motori periferici.

Una delle prime applicazioni di queste ricerche sulla capacità degli esseri umani di immaginare il movimento del proprio corpo in

assenza di movimento si è avuta nella psicologia dello sport. In quest'area si è pionieristicamente sviluppata una tecnica di allenamento chiamata *mental practice* attraverso la quale gli atleti arrivano ad ottenere migliori risultati nelle competizioni. Molti degli studi svolti confermano, infatti, come l'attività di immaginazione mentale permette di ottimizzare l'esecuzione di movimenti in atleti esperti e supporta l'acquisizione di conoscenza procedurale di movimenti complessi in atleti non esperti (Oxendine, 1969; Hall, Erffmeyer, 1983; Paivio, 1985; Druckman, Swets, 1988). Da queste applicazioni inoltre si è potuto evincere l'importanza dell'uso dell'immaginazione chinetica per supportare in modo ottimale l'acquisizione della capacità di coordinazione tra il sistema percettivo ed il sistema motorio durante l'esecuzione di un movimento. Numerosi studi mostrano infatti come gli atleti che sono in grado di ottenere migliori risultati nell'usare tecniche immaginative utilizzino una prospettiva egocentrica anche se viene loro esplicitamente richiesto di utilizzare una prospettiva allocentrica, cioè esterna al proprio corpo (Epstein, 1980).

Concludendo, si è cercato di dare una visione di cosa sia la capacità immaginativa e di come questa possa essere alla base di un'ottimizzazione dell'acquisizione di conoscenza. Ma come rientra questa abilità cognitiva nel coinvolgimento corporeo ed nella rappresentazione del sé nel mondo virtuale, che abbiamo visto essere i fattori fondamentali su cui intendiamo basare la presenza fisica (*embodiment*) in questo medium?

Riflettendo sulle evidenze mostrate possiamo più facilmente comprendere come l'immaginazione mentale e più in particolare modo l'immaginazione motoria, ci offra un chiaro esempio di come il corpo divenga il medium nel quale la mente è rappresentata. Anche in assenza di movimento gli esseri umani sono in grado di generare mentalmente pattern motori. E nell'esperire questi pattern essi acquisiscono, perfezionano e recuperano la conoscenza procedurale di specifiche attività. Infine, come abbiamo visto ampiamente, questo è un processo che può essere messo in atto anche in assenza di una stimolazione percettiva proveniente dal mondo. Non ci sono forti motivi di dubitare a questo punto che questo possa avvenire anche in realtà virtuale, dove non c'è assenza totale di stimoli percettivi, bensì una stimolazione percettiva diversa e, sotto alcuni punti di vista, impoverita.

Precedentemente abbiamo discusso di come il senso di presenza generata dall'interazione con un ambiente VR sia in grado di veicolare conoscenza. In questo paragrafo abbiamo introdotto le evidenze sperimentali che mostrano come la mente umana sia in grado di simulare questa interazione. Riteniamo che non sia possibile esimersi dall'esplorare se la parziale simulazione di interazione richiesta in un ambiente virtuale sia in grado di aumentare il senso di presenza esperito in esso e di come l'integrazione immaginativa al senso di presenza possa permettere una acquisizione di conoscenza procedurale anche in assenza di «veridicità percettiva».

L'esempio di applicazione di questa ipotesi sperimentale, che verrà proposto nel paragrafo seguente, cercherà di mettere in luce come la mente umana sia in grado di riempire quei *bias* percettivo-motori evidenziati dalla letteratura sull'*embodiment* in VR. Descrivendo questo esempio cercheremo, inoltre di spiegare come, sia possibile non solo sviluppare un alto senso di presenza anche in un ambiente non immersivo, ma anche di come sullo stesso senso presenza fisica si possa basare l'acquisizione di conoscenza procedurale.

Proporremo come applicazione, la descrizione di una parte del progetto europeo *Imaginative-Enhanced Learning (I-Learning)*, <http://www.tils.com/i-learning/>) cui gli autori attualmente partecipano in qualità di ricercatori dell'Istituto Auxologico Italiano in Milano. *I-Learning* è un progetto interdisciplinare che coinvolge numerosi partner europei accomunati da una visione del senso di presenza in VR molto legata all'*embodiment* e supportata dall'uso di immagini mentali. L'applicazione che qui di seguito proporremo per l'approfondimento è incentrata sull'aspetto di recupero dei comportamenti complessi in pazienti con compromissione motoria derivante da deficit cerebrale. Tali pazienti mantengono la capacità di praticare mentalmente esercizi motori anche se non sono più in grado di eseguirli fisicamente (Decety, Boisson, 1990). Questa capacità potrà essere utilizzata per supportare il processo di recupero delle conoscenze procedurali e delle funzioni motorie possedute prima del trauma cerebrale. L'ipotesi alla base di questa applicazione è quella secondo la quale se vi è una condizione neurologica alterata, in grado di compromettere la capacità di compiere specifici movimenti corporei, l'immaginazione chineestetica e la *mental practice* possibile attraverso capacità preservate possono far in modo di man-

tenere il programma motorio in un qualche modo ancora «attivo». Ed è proprio mantenendo «attivo» lo schema motorio che si può facilitare la riacquisizione e l'esecuzione di movimenti nella riabilitazione. In quest'ottica l'applicazione di un protocollo sperimentale che contempla anche l'uso della *mental practice* prevederà, associate a sessioni di riabilitazione motoria, anche sessioni ripetute di immaginazione chinesetica dei pattern motori che si intende riabilitare (Morganti, Gaggioli, Castelnuovo, Bulla, Vettorello, Riva, 2003). Il valore aggiunto dell'introduzione della VR risiederà nel supportare questo processo attraverso il senso di presenza legato al coinvolgimento corporeo esperito dai soggetti nell'interazione.

4.2. LA RIABILITAZIONE DEL MOVIMENTO SUPPORTATO DALLA PRESENZA IN REALTÀ VIRTUALE

I progressi di ricerca sulla fisiologia del sistema nervoso centrale (SNC) mostrano come sia possibile un recupero funzionale dello stesso in seguito a trauma cerebrale. Sempre più avanzati percorsi riabilitativi permettono ai pazienti di recuperare anche totalmente funzioni cognitive e comportamentali ritenute essere definitivamente compromesse. In seguito a danno cerebrale, infatti, attraverso il continuo esercizio della funzione compromessa, il SNC mette in atto una riorganizzazione anatomica e funzionale generalmente definita con il nome di plasticità cerebrale (Luria, 1963). Questa riorganizzazione permette il recupero delle funzioni motorie e cognitive perse in seguito al danneggiamento di specifiche aree cerebrali.

Inoltre, alcuni studi mostrano come la riorganizzazione neurofisiologica, che si ha nel processo riabilitativo di una funzione sia simile a quello messo in atto dal SNC durante l'acquisizione di nuove informazioni o comportamenti motori (Bailey, Kandel, 1993). L'esperienza con il mondo, infatti, fa in modo che vengano create nuove connessioni sinaptiche fra neuroni. Queste nel caso di soggetti normali, generano l'acquisizione di nuove informazioni e procedure, mentre nel caso di pazienti neurologici, danno luogo al processo di recupero delle funzioni perse (Angrilli, Zorzi, Tagliabue, Stegagno, Umiltà, 2001).

Nelle precedenti trattazioni abbiamo più volte ribadito come non sia necessario che il mondo sia «materiale» perché esso possa essere percepito ed esperito, ma come l'emergere di un senso di presenza in VR evidenzi la possibilità di avere efficaci rappresentazioni anche di un mondo simulato al computer. Analogamente in questa sede è possibile affermare che la plasticità cerebrale sia possibile non solo attraverso l'esperienza con un mondo «materiale» ma anche in un'esperienza simulata. Abbiamo già visto come l'immaginazione sia possibile e come essa avvenga anche in assenza di una «materiale» stimolazione. In particolare modo è già stata analizzata la capacità degli esseri umani non solo di immaginare, ma anche, di immaginarsi mentre stanno compiendo un movimento (immaginazione cinestesica). Combinando questi due approcci possiamo supporre che l'immaginazione cinestesica, soprattutto se supportata da un'esperienza virtuale coerente con questa immaginazione, possa dar luogo ad una riorganizzazione del SNC, e quindi ad un recupero di funzioni cognitive perse.

Nel secondo capitolo ci siamo a lungo soffermati nell'analisi di come l'esperienza VR sia possibile arrivando a concludere che essa avviene principalmente nell'interazione che l'utente è in grado di avere con il contesto. Inoltre nella prima parte di questo capitolo abbiamo posto l'attenzione su come questa interazione sia possibile attraverso il coinvolgimento corporeo in VR, e sono stati evidenziati i problemi ad esso legati. Di seguito proporremo un protocollo riabilitativo basato sull'uso dell'immaginazione mentale in realtà virtuale strettamente legato all'idea di interazione *embodied*.

Attualmente vi sono numerose evidenze che mostrano come l'immaginazione motoria ha un effetto positivo nell'acquisizione di comportamenti motori (Denis, 1985). Inoltre in letteratura esistono studi che hanno utilizzato esercizi immaginativi nella riabilitazione fisioterapica di pazienti neurologici (Fansler, Poff, Shepard, 1985; Page, Levine, Sisto, Johnston, 2001) ottenendo un miglioramento del decorso terapeutico.

Come abbiamo già accennato, gli studi condotti sui pazienti con danno cerebrale mostrano come questi siano in grado di generare immagini motorie di movimenti che non sono più in grado di eseguire fisicamente (Gandevia, 1999). Questi risultati suggeriscono come anche i pazienti emiplegici possono attivare aree del siste-

ma nervoso centrale deputate alla pianificazione ed esecuzione del movimento. I dati inoltre supportano l'idea che questa attivazione possa facilitare la plasticità cerebrale delle strutture neuro-anatomiche non completamente danneggiate.

L'introduzione e lo sviluppo delle nuove tecnologie ha aperto innumerevoli nuove possibilità per la riabilitazione motoria e cognitiva (Morganti, 2004). In particolare esistono numerosi studi che mostrano come le simulazioni in realtà virtuale possano favorire l'acquisizione di semplici sequenze motorie. In alcune situazioni gli esercizi in realtà virtuale sono risultati essere efficaci per la riabilitazione delle funzioni motorie complesse tanto quanto gli esercizi eseguiti in ambiente non simulato (Brooks, Rose, Attree, 2002). Inoltre, tra gli altri vantaggi veicolati dall'introduzione di questo particolare tipo di tecnologia, l'uso della realtà virtuale introduce la possibilità di eseguire e monitorare serie di esercizi ripetuti e permette inoltre di modificare facilmente la complessità dei compiti motori in accordo con i progressi del paziente.

A partire da queste evidenze, e mantenendo come quadro di riferimento gli studi effettuati sull'immaginazione motoria, il progetto *I-Learning* si è proposto di sviluppare una tecnologia innovativa basata su sistema di realtà virtuale in grado di supportare l'immaginazione motoria ritenuta essere una risorsa fondamentale per la riabilitazione di movimenti complessi.

Il punto chiave su cui si fonda il progetto è l'uso di una tecnologia virtuale non immersiva come strumento di supporto all'immaginazione motoria, al fine di favorire il senso di presenza in realtà virtuale, e permettere attraverso questo di acquisire conoscenza. Anche un sistema di realtà virtuale a basso costo, infatti, sarà in grado di suscitare un senso di presenza se supportato dalle abilità cognitive preservate nel paziente. Riteniamo che la congiunzione di questi due aspetti della cognizione risulteranno essere utili per la riabilitazione delle funzioni motorie.

Un ambiente virtuale in cui è possibile integrare il senso di presenza con l'immaginazione motoria sarà in grado di assistere gli utenti nell'acquisizione di «nuove» conoscenze procedurali. Nel protocollo riabilitativo vengono proposti esercizi immaginativi e delle immagini virtuali coerenti con gli stessi movimenti. Lo scenario virtuale mette i pazienti in condizione di vedere il comportamento da

eseguire, sia a partire da una prospettiva egocentrica, sia in differenti prospettive allocentriche (sulla differenziazione fra coordinate egocentriche e allocentriche nell'organizzazione dello spazio personale ed extrapersonale si veda: Vallar, Lobel, Galati, Berthoz, Pizzamiglio, Le Biham, 1999; Galati, Lobel, Vallar, Berthoz, Pizzamiglio, Le Biham, 2000; Couyoumdjian, Di Nocera, Ferlazzo, 2003; Sdoia, Couyoumdjian, Ferlazzo, 2004). Attraverso la ripetuta esposizione alla stimolazione virtuale, inoltre, i pazienti non imparano semplicemente a mimare il movimento, ma rinforzeranno il compito immaginativo creando così un circuito di percezione-azione in grado di far comprendere loro qual'è il modo «corretto» di eseguire il movimento. I pazienti non sono così degli osservatori passivi dell'esercizio motorio, ma saranno loro stessi a «creare attivamente» le immagini mentali utili alla loro riabilitazione ed ad utilizzarle nella tecnologia. In questo modo i pazienti saranno messi nella condizione di accelerare la riabilitazione motoria evitando numerosi comportamenti di prove ed errore comuni nella riabilitazione classica.

Il valore aggiunto dell'approccio alla presenza utilizzato in *I-Learning* è quello non di simulare totalmente il processo di immaginazione motoria, ma quello di stimolare e sostenere questo processo nell'interazione motoria. Questo richiede un livello di «realismo» molto inferiore a quello generalmente utilizzato dai sistemi di VR attualmente in commercio. Vedremo come una semplice tecnologia ma altamente interattiva può facilmente raggiungere questo obiettivo se sarà in grado di sostenere una capacità cognitiva degli esseri umani come la creazione e l'uso dell'immaginazione.

Anche se studi clinici hanno mostrato come la riabilitazione dell'emiplegia sia possibile combinando esercizi motori ed immaginativi (Stevens, Stoykov, 2003; Page, Levine, Sisto, 2001), per alcuni pazienti risulta essere comunque difficile simulare mentalmente il movimento (Goldenberg, 1996). Per questo motivo l'obiettivo principale del protocollo *I-Learning* sarà quello di utilizzare la tecnologia perché questa possa essere uno strumento utile per supportare gli esercizi simulativi.

In una fase sub-acuta della patologia (ovvero dopo due o tre mesi dall'evento traumatico che ha provocato emiplegia) i pazienti vengono coinvolti nel trattamento previsto dal progetto sperimentale, senza tralasciare le sedute riabilitative eseguite con metodolo-

gie convenzionali. Nelle sedute di trattamento basate sulla procedura *I-Learning* viene chiesto loro di fare esercizi immaginativi guidati, che prevedono movimenti semplici e complessi da eseguire sia con l'arto superiore sano che con l'arto paretico. Per maggiori dettagli sulle fasi del protocollo clinico si veda Giaggioli, Morganti, Walker, Meneghini, Alcaniz, Lozano, Montesa, Gil e Riva (2004).

Nelle sessioni di riabilitazione il paziente è seduto di fronte ad un sistema di realtà virtuale non immersivo appositamente progettato e sviluppato ai fini del progetto (*Fig. 4.3.*). Il sistema è in grado, attraverso dei sensori di posizione posti sull'arto non paretico del paziente, di tracciare i movimenti che questo sta compiendo. Queste informazioni verranno scomposte dal sistema in primitive di movimento ed elaborate in modo da restituire al paziente un'immagine virtuale dello stesso movimento con l'arto paretico.

Il paziente sarà in grado di percepire questa immagine in una prospettiva perfettamente egocentrica analogamente a come avrebbe percepito il suo arto in movimento se avesse potuto muoverlo.

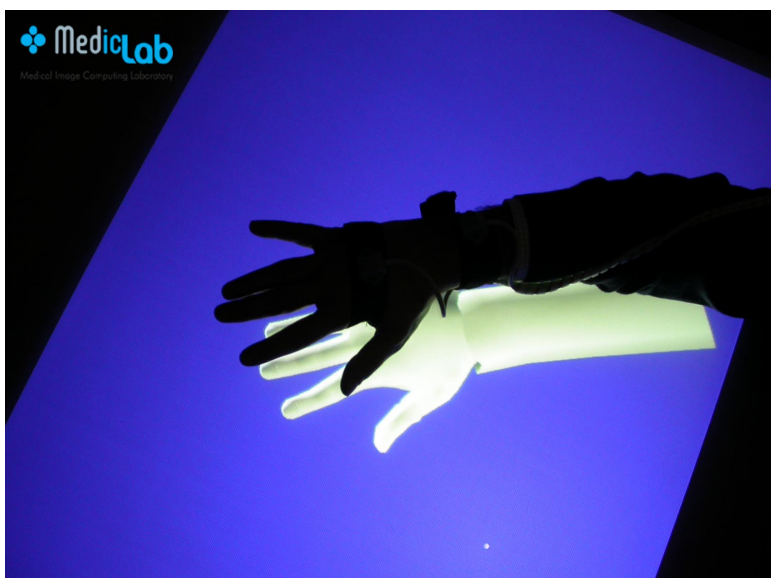


Figura 4.3. Il sistema VR sviluppato in I-Learning

La caratteristica fondamentale di questo sistema tecnologico risiede nel fatto che non viene mostrato al paziente un qualsiasi movimento dell'arto superiore o il più corretto fra tutti quelli eseguibili. Al contrario, ogni paziente, attraverso la procedura immaginativa e l'esercizio motorio eseguito con l'arto non paretico trova la sua personale maniera di effettuare il movimento. Ed è proprio questa particolare maniera che viene restituita al paziente per mezzo dell'immagine virtuale. Questa caratteristica sottolinea la peculiarità dei sistemi di VR già esposta nel primo capitolo.

Abbiamo già accennato, infatti a come l'aspetto tecnologico che distingue la VR è quello di essere in grado di immettere come informazione nel sistema qualsiasi movimento dell'utente e di restituire questo in tempo reale. In questo caso possiamo avere un esempio di come questa caratteristica possa essere estremamente utile per l'applicazione clinica. Con l'introduzione del sistema virtuale pensato per *I-Learning* ogni paziente ha, infatti, il proprio movimento come informazione acquisita dal sistema e può vederlo restituito nell'immagine virtuale in una maniera utile alla riabilitazione del movimento temporaneamente perso.

La principale obiezione che può essere fatta alla presentazione di questo uso della tecnologia, la cui discussione ci permetterà di riallacciarsi al tema della presenza discusso finora, riguarderà sicuramente il dilemma circa possibilità di avere una presenza fisica (*embodiment*) nell'interazione con questo particolare tipo di sistema virtuale. Non è questa la sede per descrivere dettagliatamente le caratteristiche tecniche del prototipo tecnologico sviluppato, ma sarà stato facile intuire come, pur tendendo ad una ottimale rappresentazione grafica e mantenendo una prospettiva egocentrica, l'immagine dell'arto con cui il paziente si troverà a lavorare non risulta essere paragonabile alla rappresentazione che egli/ella ha del suo arto in movimento. Non sono presenti inoltre ritorni di forza o sensazioni tattili che possano coinvolgere il paziente in una globale sensazione di *embodiment* nell'accezione in cui se ne discuteva nel paragrafo 4.1.1. Come abbiamo già avuto modo di anticipare, infatti, la presentazione di questa applicazione clinica della VR ha lo scopo di evidenziare come la trattazione dell'*embodiment* nei termini di ottimale coinvolgimento corporeo (Biocca, 1997) nella tecnologia non è da ritenersi utile ai fini dell'acquisizione di conoscenza.

Dalle applicazioni del prototipo VR in ambito riabilitativo, infatti, sappiamo che i pazienti coinvolti nel protocollo clinico utilizzano l'immagine virtuale per la riabilitazione e riescono ad esperire un senso di presenza fisica anche se questa non viene resa loro attraverso tecnologie altamente immersive. Questo, a nostro avviso, è possibile principalmente per due motivi. La prima motivazione trae origine dagli studi neuropsicologici sullo schema corporeo, la seconda motivazione è più strettamente legata agli aspetti sociali e motivazionali studiati dalla psicologia cognitiva. L'interpolarsi di queste due prospettive giustifica, ancora una volta, come possa emergere un «plausibilità» nell'interazione con ambienti VR anche se questi non hanno un'elevatissima perfezione grafica o non permettono un esauriente coinvolgimento sensoriale.

Prima di tutto dagli studi in neuroscienze sappiamo che gli esseri umani sono in grado di mantenere uno schema delle posizioni reciproche delle parti del corpo da cui sono in grado di ricavare movimenti complessi (Jeannerod, Arbib, Rizzolatti, Sakata, 1995). Anche la percezione e la rappresentazione di movimenti corporei non propri si volge attraverso l'uso di conoscenze sugli schemi corporei del proprio corpo (Parsons 1987, 1994). Reed e Farah (1995) hanno inoltre mostrato come il giudizio sulla posizione corporea di un'altra persona è dipendente negli esseri umani alla rappresentazione nello spazio che essa ha del suo corpo nel momento in cui sta effettuando il giudizio. Questo sembra essere possibile grazie alla presenza di «neuroni specchio» (*mirror neuron*) nella corteccia premotoria, in grado di rispondere sia durante la produzione che durante l'osservazione di movimenti negli altri (Gallese, Fadiga, Fogassi, Rizzolatti, 1996). Questo meccanismo neurale, secondo gli autori, potrebbe essere alla base non solo della pianificazione e dell'esecuzione delle azioni ma anche della comprensione delle azioni eseguite da altri. Per quanto concerne l'interazione con la tecnologia, dalla letteratura sappiamo, però, che la comprensione del movimento eseguito da un agente simulato al computer o da un robot non avviene attraverso questo processo di comprensione basato sul proprio schema corporeo (Gallese *et al.*, 1996; Perrett, Harries, Mistlin, Chitty, 1990; Decety *et al.*, 1994). In particolare un lavoro di Perani e collaboratori (2001) mostra come nello specifico caso di un movimento dell'arto superiore eseguito da un essere umano e da una ri-

produzione virtuale, vi siano delle sostanziali differenze nelle aree cerebrali attivate. Anche se vengono rispettate le caratteristiche di base del movimento, infatti, l'azione compiuta degli agenti virtuali non viene compresa attraverso gli schemi corporei propri agli esseri umani poiché ad essa non viene attribuita intenzionalità nell'azione. È per questo motivo che dagli agenti simulati o dalle rappresentazioni virtuali del corpo umano, anche se dotati di schemi motori di base sempre più raffinati, gli esseri umani non sono in grado di acquisire conoscenza motoria se ad essi non sono in grado di attribuire attività intenzionale. Come abbiamo già largamente discusso l'approccio riabilitativo sviluppato in *I-Learning* ha delle caratteristiche peculiari che pensiamo possa permettere di by-passare questa incongruenza. L'utilizzo delle immagini motorie da parte del paziente, infatti, fa in modo che si possa rendere più esplicito lo schema motorio che egli andrà ad utilizzare facilitando in lui il processo di attribuzione di intenzionalità all'azione. Inoltre l'immagine del movimento che egli vedrà nel monitor virtuale, non appartiene ad un agente artificiale ma sarà stata generata propriamente a partire da una sua azione. In questo modo egli, pur vedendola presentata in una «immagine impoverita e non veritiera» sarà comunque in grado di attribuirvi un'intenzionalità che è propria e per questo utilizzarla come stimolo per l'acquisizione di conoscenza procedurale.

La seconda motivazione, che sosteniamo essere alla base dell'efficacia di questo sistema VR non immersivo per la riabilitazione, è invece da attribuirsi a fattori cognitivi e sociali altrettanto importanti per il decorso terapeutico. Nel trattamento dei sintomi della patologia, soprattutto se essa è altamente invalidante e di ampio decorso, i pazienti sono coinvolti in un processo riabilitativo che assume un importante significato sociale e culturale per loro. Per questo come già anticipato da Mantovani e Riva (1999) il senso di presenza sviluppato nell'interazione con il prototipo, anche in assenza di una ottimale stimolazione percettiva o sensoriale, si inserirà in un fluire di significati ben definito. In questa prospettiva i pazienti saranno prima di tutto disposti a fare un'attribuzione di credibilità a quello che sta accadendo sullo schermo VR e metteranno in gioco una negoziazione delle informazioni fornite dal sistema. Essi inseriranno inoltre questa negoziazione all'interno di un contesto più am-

pio ed altamente significativo per la loro vita come può essere il processo riabilitativo (Morganti, 2004).

È essenzialmente per queste motivazioni che riteniamo l'ap-proccio utilizzato da *I-Learning* efficace. Ed i traguardi clinici raggiunti dal progetto ci confortano nella nostra argomentazione. Anche se sarà risultato insolito ad un lettore, più orientato a credere alle potenzialità della tecnologia e meno a quelle della cognizione umana, credere nell'efficacia dello strumento utilizzato.

4.3. RICONSIDERANDO L'«EMBODIMENT»

Abbiamo più volte riflettuto su come una visione delle realtà virtuale non solo come tecnologia ma anche come artefatto in grado di veicolare comunicazione ed esperienza possa risultare più utile nel comprendere le sue potenzialità di applicazione. In questo specifico caso la realtà virtuale diviene un medium attraverso il quale è possibile integrare le informazioni provenienti dal «mondo immaginario» e dal «mondo fisico». Abbiamo definito la peculiarità della realtà virtuale nella possibilità di interazione creata fra utente e mondo simulato, per lo stesso motivo è ragionevole poter pensare che, le modificazioni che gli esseri umani compiono nell'immaginazione motoria, e le interazioni fisiche che essi hanno nel mondo non simulato, possono essere riflesse nella modificazione degli scenari in realtà virtuale. Ed è proprio se lo scenario virtuale creato è in grado di riflettere questa integrazione di informazioni, che esso potrà essere utile per l'acquisizione di nuova conoscenza o per favorire il recupero di conoscenze pregresse, come nel caso della riabilitazione. È lecito a questo punto chiedersi in che modo uno scenario virtuale potrà essere in grado di riflettere questa integrazione. In una visione più ampia del senso di presenza in ambienti virtuali abbiamo visto come un ambiente virtuale non debba riflettere fedelmente le caratteristiche fisiche di un ambiente non simulato e come non vi sia la necessità di tecnologie altamente immersive perché la VR sia in grado di creare un senso di presenza in esso. Analogamente il prototipo di realtà virtuale sviluppato in *I-Learning* prevede lo sviluppo di un semplice scenario virtuale e l'impiego di tecnologie a

basso costo utili per la riabilitazione motoria. Vedremo come la scelta deliberata di queste soluzioni sia comunque in grado di creare un senso di presenza fisica. Biocca (1997), nel descrivere gli aspetti della presenza legati all'*embodiment* introduce il «dilemma del *cyborg*» secondo il quale nell'interazione con un tecnologia avanzata come la VR si sviluppa un progressivo accoppiamento del corpo con l'ambiente virtuale in cui si trova immerso. Questo processo porta l'autore a suggerire una serie di soluzioni tecnologiche anche molto avanzate che, come abbiamo avuto modo di vedere nella parte iniziale di questo capitolo, portano con loro una serie di interrogativi sulla loro necessità ed efficacia. Nel progetto che abbiamo proposto, al contrario, ha luogo un progressivo adattamento della tecnologia alle esigenze dell'utente finale. In questo modo si può prescindere dalla necessità di creare l'*embodiment* dell'utente in realtà virtuale, ma sarà l'utente stesso in grado di colmare il movimento corporeo necessario per creare un senso di presenza fisica in realtà virtuale con una caratteristica propria della sua peculiare architettura cognitiva: l'immaginazione motoria.

In quest'ottica sorge spontaneamente un altro dei problemi già anticipati non solo dallo sviluppo tecnologico ma anche dalla riflessione filosofica: quanto risulta essere per gli esseri umani davvero naturale l'interazione con la tecnologia? La tecnologia è davvero l'amplificazione del nostro corpo poiché permette di esternalizzare i nostri processi mentali (Popper, 1972)? Il progetto *I-Learning* cerca di dare una risposta a questi interrogativi proponendo un diverso modo di esternalizzare la conoscenza in ambienti virtuali. Vengono infatti proposti degli stimoli virtuali che non inseguono un ideale di perfezione grafica e/o interattiva, ma che possono essere efficacemente individuati ed utilizzati dagli utenti per l'apprendimento di procedure complesse. Questo è da ritenersi possibile solo se si assume la possibilità di creazione di una specifica *expertise* non più basata su informazioni di tipo simbolico-descrittivo ma strettamente legate ad una visione di inter-azione situata con gli ambienti virtuali (Riva, 2004).

Il progetto *I-Learning* sembra funzionare anche se nel suo sviluppo tecnologico non si è puntato sulla scelta di tecnologie in grado di fornire fedeli stimolazioni sensoriali. In esso però vengono rispettati i principi fondamentali della coordinazione senso motoria e

viene posta molta cura al design del coinvolgimento nell'azione. La VR utilizzata per questa applicazione rispetta, infatti, i vincoli di base necessari all'azione perché la presenza fisica possa essere sviluppata (Luciani, 2004). Infine l'ideazione del progetto, pur essendo un progetto di riabilitazione motoria, è saldamente ancorato ad un'idea di corpo strettamente legata alla mente ed alle sue potenzialità. Ed è in questa prospettiva che riteniamo di poter dire che il senso di presenza nell'interazione con l'ambiente virtuale «avviene» supportando progressivamente l'azione del paziente. A differenza degli approcci al senso di presenza strettamente legati alla tecnologia in questa prospettiva riteniamo che non sia strettamente necessario misurarlo attraverso questionari o indici fisiologici, come non riteniamo necessario misurare in che misura o in che modo siamo presenti nel mondo non simulato. Naturalmente nessuna motivazione ci vieta di poterlo fare, ma sarà solo una con-prova che questo processo è avvenuto. Vedere che il sistema VR inserito in uno specifico scenario come quello riabilitativo è in grado di far recuperare una conoscenza motoria ai pazienti in un'ottica situata della cognizione ci sembra essere essa stessa una prova del senso di presenza.

5.

VERSO LA SITUATIVITÀ: APPRENDERE LO SPAZIO NEGLI AMBIENTI VIRTUALI

5.1. INTERAZIONE E CONOSCENZA SPAZIALE IN AMBIENTI SIMULATI

Come già introdotto nel secondo capitolo, la visione della cognizione che intendiamo dare in questo volume non è disincarnata ed astratta, ma saldamente ancorata all'interazione fisica, emozionale e culturale con il mondo che ci circonda. Per questo motivo abbiamo mostrato nel capitolo precedente un esempio di come il concetto di «presenza fisica» in un ambiente simulato non possa essere limitato all'immersione e coinvolgimento corporeo nella realtà virtuale. Per lo stesso motivo proporremo in questo capitolo un esempio applicativo di come il concetto di «presenza spaziale» può essere trattato in un quadro di riferimento nel quale gli esseri umani non si sentono presenti in un luogo solo perché sono in grado di percepirne sensorialmente le stimolazioni. All'interno di questa prospettiva situata alla cognizione, analogamente a come abbiamo portato un esempio di come sia possibile ottenere l'emergere di un senso di «presenza fisica» anche in un ambiente VR non immersivo, presenteremo ora un esempio di come la «presenza spaziale» permetta l'acquisizione e l'organizzazione di conoscenza di un mondo virtuale 3D anche se

esso risulta essere carente di caratteristiche percettivo-sensoriali ottimali.

Negli ultimi anni proprio grazie all'introduzione di tecnologie simulative altamente interattive come la VR, ha avuto un notevole sviluppo un'area di ricerca già ampiamente consolidata all'interno della psicologia generale, come lo studio della cognizione spaziale. Sono numerosi gli studi che hanno mostrato, infatti, come sia possibile avere un'acquisizione di conoscenza spaziale anche attraverso l'interazione con ambienti virtuali e che come questa conoscenza possa essere organizzata in modo analogo a quella ottenibile da un ambiente non simulato (Pèruch, Gaunet, 1998; Morganti, 2003a).

A differenza di altri tipi di simulazione utilizzate ampiamente negli studi sperimentali svolti all'interno di quest'area, come ad esempio mappe o foto, un ambiente virtuale permette di preservare molte delle caratteristiche visuo-spaziali ed interattive che sono generalmente presenti durante la navigazione in un ambiente reale. Nell'iterazione con questo tipo di simulazioni infatti, un agente può mantenere una prospettiva egocentrica, ed è messo in grado di costruire in tempo reale una mappa dell'ambiente esplorato proprio attraverso le azioni ed i movimenti compiuti nello stesso. Naturalmente, è necessario sottolineare che esistono molte differenze qualitative nell'apprendimento spaziale in VR rispetto a quello ottenibile da un'esplorazione reale, ma rimane opinione condivisa fra i ricercatori che utilizzano questa simulazione, che la navigazione in VE permetta ai soggetti di acquisire una sostanziale conoscenza spaziale utilizzando in parte le medesime modalità cognitive necessarie a mantenere l'orientamento in ambienti non simulati.

Ma cosa si intende per orientamento e quali sono ritenute essere le capacità cognitive alla base di questo comportamento? Come generalmente è avvenuto per l'acquisizione di conoscenza, due sono le prospettive teoriche da cui si può partire per trovare una risposta a questi quesiti. È proprio a partire dalla prospettiva adottata che l'uso della realtà virtuale assumerà un ruolo trascurabile e/o necessario.

Il filo conduttore che sarà alla base dei seguenti paragrafi dovrà rispondere a queste domande: Cosa significa studiare la cognizione spaziale in una prospettiva classica e come è stato fatto? Cosa significa invece studiare la cognizione spaziale in una prospettiva si-

tuata? La realtà virtuale può costituire una opportunità per lo studio della cognizione spaziale in una prospettiva situata?

5.1.1. *La cognizione spaziale in una prospettiva simbolica*

Studiare la conoscenza spaziale in una prospettiva simbolica ha significato per molti autori analizzare minuziosamente il comportamento degli esseri umani o degli animali nell'ambiente al fine di ricondurlo a modelli di rappresentazione generalmente riuniti sotto il nome di mappe cognitive. Orientarsi in un ambiente equivale quindi ad averne una accurata rappresentazione in una mappa cognitiva (Lord, 1941; Tolman, 1948). Queste mappe sono principalmente riconducibili a due tipologie di organizzazione di conoscenza: mappe *route* (di natura egocentrica) e mappe *survey* (di natura allocentrica; Golledge, 1990, 1999; Kitchin, Freundschuh, 2000; Taylor, Tversky, 1996). Se la conoscenza spaziale possa essere organizzata solo nell'uno o nell'altro modo, se vi sia una progressione nell'organizzazione da mappe *route* a *survey* determinata dalla maggiore familiarità con l'ambiente, o se, infine, queste organizzazioni di conoscenza siano solo gli estremi di un continuum all'interno del quale potersi muovere a seconda delle esigenze contingenti, è ancora una questione teorica da considerarsi aperta. Le mappe cognitive assumono un ruolo importante per mettere in pratica la capacità di raggiungere determinati punti dello spazio. In una prospettiva classica questa abilità viene essenzialmente a basarsi su tre tipi di comportamenti – la presa di decisione, l'esecuzione del piano ed il processamento dell'informazione ottenuta – dando origine ad uno specifico *problem-solving* spaziale (Passini, 1984). In un compito di ritrovamento di percorso (*wayfinding*) avere sia una mappa *route* che una mappa *survey* permette, quindi, ad un essere umano di ragionare sulle relazioni spaziali e di pianificare in anticipo nuovi percorsi. Di fatto, quello che interessa lo studio della cognizione spaziale in una prospettiva classica è prima di tutto che sia messo in atto un comportamento spaziale in grado di risolvere un problema che l'ambiente pone. Inoltre, che l'attuazione del suddetto comportamento sia supportata da processi decisionali, anche articolati in strutture gerarchiche o parallele, fino a costituire piani esecutivi (Chown, Kaplan,

Kortenkamp, 1995). Infine, che la risoluzione al problema possa essere archiviata in strutture di memoria, ben definite e differenziate, come avviene nella teorizzazione del taccuino visuo-spaziale (Baddeley, 1990), per poter essere utilizzate di nuovo nella risoluzione di altri problemi. Per far sì che questo processo avvenga si assume la dettagliata conoscenza dei meccanismi della percezione, del movimento e della sinestesia. Diviene necessario inoltre studiare dettagliatamente le caratteristiche dell'attenzione selettiva di natura visuo-spaziale che permette agli esseri umani di focalizzarsi sulle caratteristiche dell'ambiente rilevanti. Tutto questo deve essere a sua volta coordinato da un processore centrale che supervisiona dall'alto l'andamento di tutto il processo (Shallice, 1988). Da tutto questo modello, senza dubbio minuziosamente meglio descritto e articolato rispetto alla trattazione necessariamente sommaria che ne stiamo dando in questa sede, deriva una capacità cognitiva di alto livello denominata orientamento spaziale.

La maggior parte dei lavori svolti in questa prospettiva ha cercato di indagare quindi come le informazioni spaziali vengano percepite, temporaneamente elaborate, memorizzate ed infine utilizzate nell'esecuzione di compiti nell'ambiente (Downs, Stea, 1973; Garling, Book, Lindberg, 1984; Kitchin, 1994; Neisser, 1976). Quasi tutti presuppongono l'esistenza di una statica relazione fra la struttura spaziale e chi si trova ad agirvi. Questa posizione teorica ha fondamentalmente ribadito una idea di mondo come oggettivamente esterno alla mente (e meglio se rigidamente delimitato o definito), nel quale i piani sono una sequenza in vario modo formalizzata di azioni da compiere (come girare a destra due volte poi ancora avanti e a sinistra, e così via), ed il risultato finale è qualcosa di ben strutturato come una «mappa nella mente».

L'introduzione della VR in questa prospettiva ha portato con se forti dubbi sulla necessità di utilizzare simulazioni di questo tipo ed ha dato adito a numerose critiche sul ruolo interferente che questa tecnologia può avere nella codifica sensoriale del mondo esterno. Secondo alcuni autori infatti l'interazione con un sistema di realtà virtuale è per gli esseri umani un'attività insolita e perciò non eseguibile in modo automatico. Per questo motivo sarà possibile come risultato di un'attività cosciente e controllata da parte degli utenti. In questo modo ci si aspetta infatti che essa, contribuendo all'appesan-

timento del carico cognitivo, possa interferire con la creazione di rappresentazioni spaziali di alto livello (Waller, Hunt, Knapp, 1998).

Una delle risposte possibili che ci sentiamo di dare a questi dubbi circa il ruolo interferente che la realtà virtuale può avere nell'acquisizione di conoscenza deriva dal fatto che le ricerche sulla cognizione spaziale condotte in un'ottica classica sono tutte dettagliatamente formalizzate ma poco corrispondenti a come gli animali e gli esseri umani operano e si rappresentano il mondo. Crediamo infatti che la conoscenza spaziale non venga costruita per mezzo di un processo aggregazione ed organizzazione di informazioni salienti provenienti dal mondo esterno. Sugeriamo piuttosto che essa derivi da cicli di percezione-azione in cui la mente ed il mondo continuamente si confrontano. Questa idea, già ampiamente sviluppata nelle più recenti teorie delle scienze cognitive sullo studio della conoscenza (Clancey, 1997; Carassa, 2000; Searle, 2001; Tirassa, *in press*), ha dato vita ad un differente punto di osservazione anche per lo studio della cognizione spaziale.

5.1.2. La cognizione spaziale in una prospettiva situata

Volendo adottare un approccio situato alla cognizione, come più volte spiegato nei precedenti paragrafi, si evidenzia la potenzialità peculiare della VR in questa area di ricerca. Introdurre l'uso della realtà virtuale e descrivere la conoscenza che l'interazione con essa determina ci permette, infatti, di riflettere su cosa vuol dire effettivamente creare una relazione dinamica fra ambiente e mente. Ma soprattutto il senso di presenza che è alla base di questa acquisizione di conoscenza consolida il dubbio circa la necessità di continuare a considerare l'ambiente come un qualcosa di esterno e separato da una mente, interna, che lo percepisce e lo elabora.

Gibson (1977) ha sottolineato la necessità di un passaggio teorico spesso dimenticato: gli oggetti del mondo divengono ogni volta «inviti all'azione» ma nello stesso momento costituiscono opportunità specie-specifiche per l'agente che si trova ad utilizzarli. Il mondo esterno non è più un qualcosa di oggettivo che gli esseri umani percepiscono ed elaborano creandone stabili rappresentazioni. Il modo in cui gli esseri umani si rappresentano un ambiente in modo

funzionale alle attività che stanno compiendo o si accingono a compiere al suo interno. In questa prospettiva alcuni autori (Tirassa, Carassa, Geminiani, 2000), oltre ad introdurre la necessità di contemplare differenti architetture cognitive per la rappresentazione dello spazio, hanno posto l'attenzione sulla peculiarità metarappresentazionale del ragionamento umano, in grado di modificare la rappresentazione e l'interazione che ogni essere umano può avere con il suo ambiente. Partendo da questo punto di vista si arriva necessariamente ad adottare un altro modo di concepire le mappe *route* e *survey*, un modo che è magari un po' meno un modello ma che può chiarire molto di più quali sono le funzionalità assolute nell'organizzare la conoscenza in questi modi. Le mappe *route* diventano non solo rappresentazioni in grado di supportare ricostruzioni mentali di percorsi e di sequenze di punti salienti dello spazio (*landmarks*), ma anche la possibilità di sapere che un percorso precedentemente fatto esiste all'interno di un insieme di possibili relazioni spaziali ognuna delle quali contempla a sua volta differenti percorsi migliori o peggiori di altri. In un'esplorazione mirata quindi un agente non mette in atto un piano a priori, ma può in questo modo collegare differenti sequenze di *landmarks* contigui che erano inizialmente stati esperiti attraverso differenti percorsi. In questo modo egli sarà in grado di creare un'ottimale scorciatoia per il raggiungimento della meta che si è prefisso in quel momento. Le mappe *survey*, dall'altro lato, possono essere viste come rappresentazioni flessibili di più alto livello, in grado di permettere sì una pianificazione a priori dei percorsi, ma anche di quei percorsi che richiederanno di unire punti dello spazio mai esperiti come contigui.

Approcciarsi in questi termini allo studio dello spazio permette non più, solamente, uno studio del modo attraverso il quale gli esseri umani trasformano la percezione del mondo in rappresentazioni simboliche da memorizzare (mappa cognitiva), ma è utile anche ad esemplificare una visione teorica della cognizione spaziale essenzialmente basata sull'analisi delle capacità degli esseri umani di sviluppare rappresentazioni interne finalizzate ad uno scopo.

Ed è proprio se siamo disposti ad assumere che la conoscenza in genere, ed in questo caso la conoscenza spaziale, viene costruita e manifestata nell'azione, che possiamo assumere che l'impoverimento percettivo-sensoriale derivante dal mondo simulato possa as-

sumere un ruolo minimamente interferente nell'acquisizione di conoscenza. Possiamo inoltre comprendere come, se le azioni consentite saranno sufficientemente fluide e coerenti con quelle possibili nel mondo non simulato, la VR non costituirà un livello di complessità maggiore nel processamento delle informazioni tale da necessitare un sovraccarico cognitivo.

Diverrà, quindi, importante una progettazione di ambienti virtuali, non solo tecnologicamente avanzati ed in grado di migliorare la corrispondenza fra la simulazione VR e la realtà esterna, ma anche una progettazione funzionale in grado di permettere un ampio grado di azione negli stessi. Pensiamo per questo che vi sia la necessità di curare particolarmente nella creazione di un mondo simulato non solo le interazioni possibili ma anche la possibilità di negoziazione delle informazioni rilevanti per il raggiungimento di uno scopo, in modo da supportare l'emergere di un soggettivo senso di presenza spaziale. Vediamo prima di tutto se e come questo è stato fatto nelle ricerche sulla cognizione spaziale che si sono avvalse di simulazioni in VR.

5.1.3. Presenza spaziale ed organizzazione di conoscenza

Come abbiamo avuto modo di vedere nel secondo capitolo, con l'obbiettivo di dare una dimensione operativa alla presenza molti autori si sono focalizzati sulla sua caratteristica spaziale (Witmer, Singer, 1998; Schubert, Friedmann, Regenbrecht, 1999a; Lessiter, Freeman, Keogh, Davidoff, 2001). Non a caso una delle definizioni più ricorrenti in tutti gli studi sulla presenza è «la sensazione di essere dislocati in uno spazio simulato dal computer». Questo approccio ha fatto sì che si sviluppassero numerosi lavori sperimentali al fine di determinare in che modo gli ambienti virtuali potessero efficacemente simulare gli ambienti naturali, fino al punto da permettere una ottimale acquisizione di conoscenza procedurale in esso. La presenza spaziale derivata dall'interazione con gli ambienti VR 3D presenta, infatti, vantaggiose opportunità per lo studio del comportamento motorio-esplorativo. Gli ambienti virtuali veicolano le informazioni sullo spazio in modo analogico preservandone gli aspetti spazio-temporali e, come abbiamo già visto, permettono

di mantenere all'utente modalità di interazione analoghe a quelle possibili nel mondo non simulato. Il senso di presenza riportato dagli utenti nell'interazione con questo tipo di simulazione fornisce quindi possibilità di valutazione di come un attore si stia costruendo una rappresentazione dell'ambiente nel quale si trova ad agire.

Come abbiamo avuto modo di mostrare dell'esempio proposto per la presenza fisica, non esiste un sistema tipico di VR ed esistono molteplici possibilità di creazione di un VE. Mantenendo infatti le caratteristiche di base di un VE, espresse nel primo capitolo, esistono diverse tipologie di ambienti, ognuna in grado di suscitare nell'utente svariati tipi di esperienza. Vedremo in primo luogo come gli ambienti VR progettati e sviluppati per lo studio della conoscenza spaziale siano stati anche molto differenti fra loro.

Inizialmente sono state sviluppate simulazioni virtuali di ambienti «non plausibili» (come aree delimitate da barriere visive, o reticolati) per poi avvicinarsi sempre più allo sviluppo di ambienti «naturalmente plausibili» (come edifici, parchi, città ecc.). La scelta di sviluppare un certo tipo di ambiente ha generalmente riflettuto, oltre che le limitazioni tecnologiche, gli obiettivi dello studio e la scelta delle variabili ritenute essere fondamentali nell'acquisizione di conoscenza spaziale. Uno degli esempi di ambiente non plausibile è dato da Pèruch e Lapin (1993) in cui gli autori sviluppano un reticolato di cerchi colorati, utilizzabili come punti di svolta e collegati fra loro da passaggi di uguale lunghezza. Altri autori (Tlauka, Wilson, 1996) utilizzano un ambiente aperto di larga scala costituito da elementi architettonici caratterizzanti il mondo non simulato, ma difficilmente assemblati in questo modo (come ad esempio mura perimetrali all'interno delle quali sono posizionate figure geometriche).

Gli ambienti cosiddetti plausibili possono essere definiti aperti, come ad esempio insiemi di edifici collegati da strade (Rossano, Moak, 1998; Rossano, Reardon, 1999; Gaunet, Vidal, Kemeny, Berthoz, 2001) o chiusi, come edifici più o meno complessi (O'Neill, 1992; Richardson, Montello, Hegarty, 1999). Questi sono generalmente di larga scala, non percepibili in un solo colpo d'occhio, e sono sempre più utilizzati poiché consentono l'uso di differenziati percorsi di esplorazione. Gli ambienti percepibili in un solo colpo d'occhio, invece, vengono prevalentemente impiegati per la memorizzazione di oggetti nello spazio piuttosto che lo studio dell'orien-

tamento spaziale. Molti di essi sono generalmente costruiti come ambienti di training, per consentire cioè ai partecipanti una familiarizzazione con gli strumenti di interazione in VR come *joystick* o comandi sulla tastiera.

Per quanto concerne la modalità di esplorazione, seguendo un approccio alla cognizione spaziale legato ad un paradigma classico di acquisizione e rappresentazione della conoscenza, è risultata spesso automatica la scelta della modalità immersiva per la navigazione. In questo modo infatti l'utente ha la possibilità di avere non solo le informazioni visive, ma anche le informazioni vestibolari legate al movimento che si assumono essere entrambe essenziali per l'orientamento in un ambiente.

Uno studio dissonante con questa visione della presenza spaziale, e quindi anche delle capacità di orientamento in VR, come strettamente legate all'acquisizione di informazioni sensoriali, è stato condotto da Ruddle, Randall, Payne e Jones (1996). Gli autori infatti hanno rivelato non esistere nessuna differenza significativa nei giudizi di direzione effettuati dai partecipanti ai loro esperimenti nella modalità immersiva ed in quella *desktop*. In seguito a questa evidenza Cristhou e Bühlhoff (1999) in un più recente studio hanno messo in luce come la caratteristica peculiare nella presenza spaziale e nell'orientamento in VR sia dovuta non tanto alla modalità immersiva ma soprattutto nella scelta degli strumenti di interazione utilizzati per la navigazione. Ad esempio, gli autori mostrano come posizionando lo schermo a 80 cm dal soggetto e permettendo loro una traslazione e rotazione nell'ambiente attraverso la manipolazione di un sensore di movimento in grado di produrre, a detta degli autori, «un movimento naturale ed intuitivo», si riesca ad ottenere una sensazione di presenza spaziale analoga a quella esperita dai soggetti in modalità immersiva. Altri studi hanno mostrato come anche permettendo l'interazione con l'ambiente attraverso un *mouse* (Ruddle, Payne, Jones, 1997), una tastiera (Richardson, Montello, 1999; Tlauka, Wilson, 1996), o un *joystick* (O'Neill, 1992) sia analogamente possibile acquisire conoscenza spaziale in modalità *desktop*. Queste ricerche mostrano ancora una volta come la presenza spaziale non sia determinata dall'immersione nello scenario percettivo e dal totale coinvolgimento sensoriale, ma come questa sia possibile attraverso l'interazione in tempo reale con uno scenario simulato a

prescindere dal grado di immersione in esso. Analogamente a quanto già discusso nel primo capitolo, la presenza spaziale si sviluppa non tanto nella «veridicità» della percezione sensoriale ma piuttosto nell'esperienza soggettiva che i partecipanti riescono ad ottenere nell'interazione con l'ambiente in cui si trovano ad operare.

È proprio per questo motivo che nello studio dell'acquisizione di conoscenza spaziale in VR è stato dato largo spazio ai gradi di libertà nella scelta dei percorsi di navigazione. Una delle possibilità offerte dall'uso della VR, infatti, prescindendo dalla modalità di presentazione immersiva o *desktop* della simulazione, è data dalla possibilità di prevedere una esplorazione attiva o guidata. In ambiente naturale l'importanza di questa distinzione è stata ampiamente indagata, sia in età evolutiva (Foreman, Foreman, Cummings, Owens, 1990; Hart, Berzok, 1982), sia in soggetti adulti (Downs, Stea, 1973; Laudeman, Johnson, 1993). In ambiente naturale però risultano spesso essere contemporaneamente indagati la possibilità di scelta autonoma della direzione (*planning*) e la possibilità di avere una locomozione indipendente (*navigation*). Foreman e colleghi (1990) chiariscono come il fattore determinante per un corretto apprendimento delle relazioni spaziali sia la possibilità di effettuare una scelta attiva durante l'esplorazione piuttosto che la diretta deambulazione. Ma ancora una volta, se da una lato, una attiva pianificazione del percorso può favorire la conoscenza spaziale, dall'altro sembra che questa possa interferire con lo svilupparsi di un senso di presenza in esso e con una efficace comprensione dell'ambiente, anche a causa del sovraccarico attentivo che proprio una pianificazione attiva dell'esplorazione richiede (Flach, 1990).

Utilizzando una simulazione in VR, Pèruch, Vercher e Gauthier (1995), hanno confrontato un gruppo di partecipanti a cui veniva data la possibilità di esplorare liberamente l'ambiente simulato attraverso l'utilizzo di un *joystick* o di una tastiera, con un gruppo di soggetti che visionavano un tour pre-registrato dell'ambiente. L'esplorazione attiva in questo caso risulta svolgere un ruolo importante nella capacità di memorizzazione dell'ambiente e nei compiti di ritrovamento dei percorsi (*route finding*). Gli autori concludono mostrando come divenga importante un comportamento motorio attivo combinato alla percezione attiva dell'ambiente e come quest'ultima combinazione consenta ai soggetti di avere un'espe-

rienza dell'ambiente più pervasiva proprio perché essi possono perseguire nell'interazione quelle che risultano essere le loro finalità in quel momento specifico. A partire da questo lavoro possiamo vedere ancora una volta come la presenza spaziale, e l'acquisizione di conoscenza che ne deriva, siano strettamente legate all'attività che le persone svolgono nell'ambiente e non tanto alla qualità di immersione sensoriale che il sistema VR è in grado di offrire. Come per l'esempio di applicazione del concetto di «presenza fisica» proposto nel capitolo 4, proporremo uno scenario esemplificativo di come sia possibile suscitare «presenza spaziale in VR» prestando particolare attenzione alla modalità di interazione.

Se è l'iterazione significativa con un ambiente VR a suscitare il senso di presenza in esso, riteniamo che l'interazione sarà anche l'elemento discriminante sul quale si baserà un'acquisizione di conoscenza spaziale ad alto livello.

5.2. ESSERE SITUATI NELL'ACQUISIRE CONOSCENZA: «V-SPACE»

Partendo da queste premesse viene proposto come esempio *Virtual-Space* (*V-Space*), un progetto di ricerca sulla cognizione spaziale in ambienti di realtà virtuale che nasce dalla collaborazione fra la facoltà di Scienze della Comunicazione dell'Università della Svizzera Italiana con il Dipartimento di Psicologia dell'Università di Torino.

V-Space è stato possibile grazie al contributo dato da Diego Varotto e Massimiliano Martinelli del Laboratorio di Realtà Virtuale dell'Università di Padova nella realizzazione degli ambienti.

Come già anticipato, il progetto adotta una visione teorica della cognizione spaziale basata sulle capacità degli esseri umani di sviluppare rappresentazioni interne finalizzate ad uno scopo (Tirassa, Carassa, Geminiani, 2000). Le rappresentazioni spaziali assumono in qui un ruolo causale in molte delle possibili interazioni con l'ambiente, divenendo allo stesso tempo causa ed effetto dell'interazione che gli utenti saranno in grado di avere con esso. Volendo studiare la cognizione spaziale in una prospettiva situata diviene importante valutare il tipo di ambiente in cui un agente si muove, gli obiettivi che si prefigge nella sua esplorazione ed il tipo di interazione che è in grado di avere nel movimento e nella modificazione

di parti dello stesso. Per questo motivo all'interno di questo progetto sono stati creati diversi ambienti dalle caratteristiche strutturali differenti, ma nel contempo sviluppati in modo da poter essere intergrati in un'ampia sperimentazione mantenendo un'omogeneità nella gestione delle variabili sperimentali. Gli ambienti sviluppati in *V-Space* differiscono per la struttura più o meno complessa, e per il controllo percettivo che il soggetto può avere su di esso. Su questi ambienti sono state condotte differenti lavori sperimentali, che hanno permesso di valutare il ruolo svolto dalle abilità individuali nell'orientamento, dalla modalità e finalità di esplorazione nella creazione di differenti rappresentazioni spaziali (Morganti, 2003b). Vediamo, nel dettaglio, come.

5.2.1. *Gli ambienti virtuali sviluppati in «V-Space»*

All'interno di questo progetto sono stati sviluppati tre ambienti VR. Le caratteristiche tecniche (angolo visivo, altezza del punto di vista, gradi di libertà del movimento, velocità di navigazione ecc.) e strutturali (altezza delle pareti, larghezza delle superfici percorribili, illuminazione, definizione delle textures, ecc.) degli scenari proposti sono state mantenute omogenee nei tre ambienti. Infine, su tutti è stata fatta una ottimizzazione ergonomica dell'interazione in modo da evitare interferenze cognitive nell'acquisizione di conoscenza, causate da un non corretto funzionamento dell'interfaccia.

Al fine di permettere una migliore familiarizzazione con l'interazione VR è stato creato un primo ambiente di *training* nel quale poter apprendere correttamente l'uso del *joystick* e «prendere confidenza» con i movimenti rotatori permessi dal *tracker* e la corrispondente modificazione dell'immagine virtuale. Pur considerando, infatti, l'impegno cognitivo richiesto dall'interazione con un sistema VR non così eccessivo da poter risultare interferente con i processi di acquisizione spaziale, era intenzione dei ricercatori, comunque, che i partecipanti fossero in grado di eseguire in modo automatico e fluido tutti i movimenti necessari all'esplorazione.

Volendo nel contempo mantenere un approccio situato allo studio della cognizione spaziale, nel quale gli aspetti strutturali dell'ambiente circostante costituiscono un fattore determinante per

l'organizzazione di conoscenza, l'ambiente di *training* è stato sviluppato a partire da elementi architettonici presenti negli ambienti sperimentali. Sono state utilizzate infatti non solo le stesse *texture* presenti negli altri ambienti ma elementi architettonici come corridoi, scale e porte presenti negli ambienti chiusi che sarebbero in seguito stati utilizzati per le fasi sperimentali. Queste sono state decontestualizzate ed adattate ad ambiente aperto (Fig. 5.1.). In questo modo i partecipanti erano messi in grado non solo di familiarizzare con l'uso del sistema VR per la navigazione ma potevano esercitarsi su strategie di pianificazione dei movimenti che si sarebbero potute rivelare utili all'interno degli ambienti sperimentali. Nel contempo gli stessi continuavano ad ignorare la struttura complessiva degli ambienti sperimentali, pur potendo esperire una certa familiarità con essi nel momento in cui si sarebbero trovati ed eseguire la fase sperimentale.



Figura 5.1. V-Space, l'ambiente di training

In questo ambiente, inoltre, sono stati inseriti alcuni agenti virtuali a cui è stato programmato un movimento casuale analogo a quello dell'agente che costituirà la guida virtuale presente all'interno del terzo ambiente. Poiché proprio in quest'ultimo i partecipanti, per esigenze sperimentali, venivano invitati a seguire un agente pre-programmato con funzioni di guida e veniva richiesto loro nel contempo di ragionare sulle caratteristiche spaziali dell'ambiente, si è ritenuto che anche una familiarizzazione dei partecipanti al seguire l'andamento della guida virtuale potesse essere utile per non creare interferenze cognitive nella fase sperimentale.

Come già ipotizzato, l'utilizzo di questo ambiente di *training* si è confermato essere condizione indispensabile per un corretto

svolgimento delle vere e proprie fasi sperimentali. Attraverso questa preliminare fase di familiarizzazione, infatti, i partecipanti avevano la possibilità di prendere confidenza con la strumentazione VR e dedicare maggior attenzione alla struttura spaziale degli ambienti in cui erano invitati ad agire.

Il secondo ambiente sviluppato all'interno di *V-Space* è un ambiente chiuso dalle caratteristiche spaziali irregolari. Nella progettazione e realizzazione di questo particolare ambiente non si è volutamente posta eccessiva attenzione alla definizione grafica degli elementi architettonici; le *texture* sono volutamente omogenee, di colore neutro e non vi sono prospettive facilmente riconoscibili a colpo d'occhio. L'ambiente è privo di elementi che possano fungere da punti di riferimento (*landmarks*) durante le prove di pianificazione di un percorso, ma permette di fornire al soggetto informazioni circa il raggiungimento del corretto obiettivo.

La sua caratteristica fondamentale è quella di essere sufficientemente complesso da permettere l'integrazione di percorsi differenziati e da consentire una rapida creazione della sua mappa *survey*. Esso è infatti costituito da 5 corridoi di diversa lunghezza ed angolazione che collegano fra loro delle stanze di uguale ampiezza ma di diverso colore (Fig. 5.2.). Le porte di collegamento fra le stanze ed i corridoi sono programmate in modo da essere richiuse dopo il passaggio del soggetto ed è prevista inoltre la possibilità di aggiungere e togliere barriere alla navigazione durante lo svolgimento della sperimentazione.

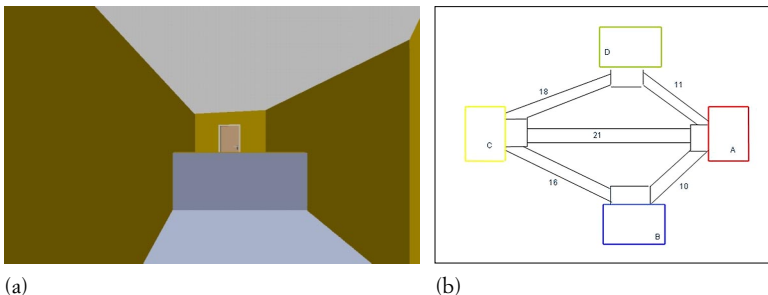


Figura 5.2. *V-Space*. Particolare (a) e planimetria (b) dell'ambiente di pianificazione; i numeri in b indicano la lunghezza dei corridoi

Come per l'ambiente di *training*, questo ambiente è stato sviluppato con una specifica finalità sperimentale. Nell'analisi degli studi condotti sulla cognizione spaziale, infatti, si è rivelata esserci una notevole variabilità intra-individuale nelle abilità di organizzazione delle conoscenze *survey* (Lawton, Charleston, Zieles 1996; Malinowski, Gillespie, 2001). Negli studi condotti con simulazioni VR questa variabilità sembra essere addirittura più marcata (Bliss, Tidwell, Guest, 1997; Klatzy, Loomis, Beall, Chance, Golledge, 1998; Waller, Hunt, Knapp, 1998; Witmer, Bailey, Knerr, Parsons, 1996). Poiché gli strumenti presenti in letteratura per l'analisi delle differenze individuali in ambienti non simulati sono risultati non essere sufficientemente discriminanti (Belingard, Péruch, 2000; Richardson, Montello, Hegarty, 1999; Waller, 2000, 2005), si è ritenuto necessario sviluppare una metodologia originale per rendere omogenee queste abilità all'interno del campione sperimentale (Morganti, Carassa, Geminiani, submitted). Come già più volte ribadito in *V-Space* la conoscenza viene definita come strettamente legata all'interazione con il contesto in cui l'agente si trova ed è proprio per questa motivazione che si è ritenuto necessario valutare anche le abilità individuali non tanto attraverso una prova di autovalutazione (Lawton, 1994; Pazzaglia, De Beni, 2001) o di descrizione di conoscenza visuo-spaziale (Denis, 1996; De Vega, 1994; Shah, Miyake, 1996; Poli, 2000; Colom, Contreras, Shih, Santacreu, 2003), bensì attraverso una prova di esplorazione accuratamente pianificata. Dopo una breve esplorazione di questo ambiente i partecipanti al progetto *V-Space* vengono, in questa fase, invitati a pianificare in anticipo il percorso ottimale fra due stanze ed in alcuni casi sono osservati nella loro capacità di valutare, ed eventualmente modificare, la pianificazione durante l'azione in presenza di un ostacolo inaspettato. La pianificazione ottimale è ritenuta essere infatti una buona prova della conoscenza spaziale di tipo *survey*. Per essere effettuata, infatti, i partecipanti devono essere in grado di collegare fra loro punti dello spazio non per forza esperiti in sequenza. In questa prova viene inoltre valutata la capacità dei soggetti di ridefinire i propri piani durante l'esecuzione dell'azione stessa. In una cornice teorica di riferimento in cui le azioni sono strettamente legate al contesto e fortemente dipendenti dalla capacità di perseguire un obiettivo generando piani alternativi legati a nuove op-

portunità di azione, la peculiarità di questa prova risiede non solo nel fornire l'opportunità di valutazione della conoscenza *survey* nella diretta esplorazione di un ambiente, ma soprattutto nella possibilità di valutare come i piani d'azione vengono continuamente rimessi in gioco durante l'esplorazione.

Il terzo ambiente è un ambiente chiuso a due piani con pianta a croce completamente privo di ogni elemento che possa fungere da *landmark* (Fig. 5.3.). In esso i partecipanti erano invitati a scegliere liberamente le proprie strategie di esplorazione in una prima fase di familiarizzazione ed acquisizione di conoscenza. In seguito all'interno dell'ambiente viene inserito un agente virtuale programmato in modo da fungere da guida ai partecipanti lungo percorsi differenziati durante la fase di esecuzione di compiti di valutazione dell'avvenuta acquisizione di conoscenza spaziale.

L'ambiente, inoltre, è costruito in modo da poter tenere traccia di tutti i comportamenti esplorativi dell'utente. Utilizzando questa possibilità per un'analisi post-hoc dei comportamenti spaziali è stato sviluppato un software in grado di restituire una grafica dei percorsi di esplorazione su una mappa 2D dell'ambiente. Vedremo come questa possibilità si sia rilevata particolarmente utile nell'ideazione e realizzazione di uno dei lavori sperimentali condotti in *V-Space*.



(a)



(b)

Figura 5.3. L'ambiente per l'acquisizione di conoscenza in V-Space. Una visione dall'alto dell'intero ambiente (a), un particolare delle scale e della guida virtuale (b)

5.2.2. I lavori sperimentali condotti in «V-Space»

Come abbiamo già anticipato *V-Space* ha sviluppato negli ultimi anni ricerche sperimentali ed approfondimenti metodologici saldamente legati ad una visione della conoscenza spaziale non basata su processi apprendimento di natura simbolica, ma coerente con una visione della conoscenza determinata dalla peculiare interazione con il mondo che gli esseri umani mettono in atto durante una esplorazione. Le potenzialità offerte dalla VR sono state principalmente utilizzate in *V-Space* per ottenere scenari e procedure in grado di controllare al massimo le variabili sperimentali e di consentire parallelamente ai partecipanti di utilizzare la propria strategia di esplorazione ed interazione significativa con il mondo, evitando di interferire con essa.

Proprio sulla base di numerosi lavori svolti in letteratura circa il ruolo svolto dalla modalità di interazione attiva/guidata nella creazione di mappe spaziali (cfr par. 5.1.3.), nella prima fase del progetto è stata condotta una sperimentazione sulla capacità degli esploratori di organizzare la conoscenza in una mappa di alto livello (*survey*) in differenti condizioni di esplorazione (Carassa, Geminiani, Morganti, Varotto, 2002). Utilizzando la simulazione in VR è stato possibile confrontare la possibilità di essere psicologicamente attivi/passivi nella decisione dei percorsi di esplorazione di un nuovo ambiente e vedere quanto queste condizioni potessero influire nella capacità di sviluppare una conoscenza *survey*. Ipotizzando che la possibilità di scelta dei percorsi sia funzionale alla possibilità di inferire la struttura complessiva dell'ambiente sono state create due condizioni sperimentali. Nella condizione attiva i partecipanti venivano lasciati liberi di muoversi nell'ambiente e di scegliere i percorsi di esplorazione all'interno di esso, nella condizione passiva invece essi erano comunque liberi di muoversi nell'ambiente ma non di scegliere i percorsi di esplorazione. Questi erano, infatti, indicati da un agente virtuale che fungeva da guida all'interno dell'edificio, seguendo percorsi prestabiliti e programmati dagli sperimentatori. Per analizzare l'avvenuta acquisizione di conoscenza e l'organizzazione *survey* di questa tutti i partecipanti sono stati valutati su prove spaziali classicamente ritenute essere buoni indici di una conoscenza *survey*, come il ritrovamento di scorciatoia, la stima di dire-

zione ed il disegno di mappa. I risultati di questo lavoro mostrano come nella condizione attiva i partecipanti siano «indotti a» ragionare su punti dello spazio, anche lontani fra loro incontrati durante l'esplorazione. Gli esploratori attivi risultano, infatti, capaci di mettere in atto una più efficiente strategia per il ritrovamento dei punti target e di essere molto più accurati nell'individuazione della scorciatoia. Dal lavoro di ricerca si è evidenziata inoltre esservi una correlazione fra questa prova ed il disegno di mappa, classificabile come di tipo *survey*, nel gruppo esploratori attivi ad indicare come questi sembrano essere più «abituati» a ragionare sull'ambiente.

L'utilizzo della VR in questo lavoro ha permesso inoltre di effettuare delle riconsiderazioni metodologiche sulla procedura sperimentale adottata. Grazie alla possibilità di registrare e rivedere tutte le interazioni avute dai partecipanti è stata condotta un'analisi qualitativa dei comportamenti esplorazioni in modo da individuare eventuali strategie messe in atto dai partecipanti nella condizione attiva. Questo lavoro ha evidenziato come i percorsi seguiti dagli esploratori attivi tendano ad avere numerose similitudini fra loro e differiscono da quelli pre-programmati del gruppo guidato. Per questo motivo è stato possibile ipotizzare, in una seconda fase sperimentale, come gli esploratori liberi di pianificare il proprio percorso scelgano quelli che facilitano il ragionamento spaziale (Morganti, Carassa, Geminiani, 2003). Durante un'esplorazione libera ed efficiente i partecipanti potrebbero essere indotti a crearsi una rappresentazione di tipo *survey* proprio mentre stanno effettuando un'esplorazione. L'esigenza di non perdersi e di non tornare su percorsi già fatti richiede la creazione di una mappa *survey*, anche incompleta, attraverso la quale gli esploratori sono in grado ogni volta di ricollocarsi nell'ambiente. Il lavoro condotto ci ha permesso di individuare l'esplorazione efficiente come fattore determinante, ed indipendente dal fattore familiarità, nell'organizzazione di conoscenza spaziale. Una organizzazione *survey* della conoscenza spaziale è risultata essere il prodotto non solo di un'attiva interazione con l'ambiente ma anche di una efficiente pianificazione dell'esplorazione.

5.3. CONCLUSIONI

In conclusione, quale riteniamo sia il valore aggiunto di questo lavoro alla visione della presenza e dell'acquisizione di conoscenza proposta in questo volume?

In primo luogo presentando questo progetto ci è possibile ribadire come pur non sviluppando ambienti VR di elevata qualità grafica sia possibile supportare un senso di presenza in esso tale da far emergere un'acquisizione di conoscenza di tipo complesso come la conoscenza spaziale. Si può notare, infatti, come questa capacità sia possibile anche in un ambiente dalle caratteristiche percettivo/sensoriali non ottimali se il senso di presenza in esso viene garantito dalla ottimale possibilità di interazione. Se le *affordance* all'azione sono contemplate nella creazione di un ambiente, i partecipanti saranno in grado di coglierle anche in assenza di stimolazioni percettive ottimali e di utilizzarle per le proprie specifiche finalità.

In secondo luogo abbiamo appena visto come non sia necessaria la completa esplorazione di un ambiente per ottenere una buona mappa *survey* di esso. I partecipanti a *V-Space* sono risultati essere in grado di ragionare sulle caratteristiche dell'ambiente durante l'esplorazione (evitando le rivisitazioni ed omettendo parti di esso perché «inferibili»), proprio come avviene per ognuno di noi durante l'esplorazione di un nuovo ambiente se questa è finalizzata ad uno scopo. È proprio su queste possibilità esplorative che ogni partecipante sceglie che si sviluppa la conoscenza e non sulla memorizzazione di elementi oggettivi dello spazio che vengono selezionati e organizzati simbolicamente in mappe cognitive. In una visione della presenza in realtà virtuale come non distante da una accezione situata della cognizione (Carassa, Morganti, Tirassa, 2005) è proprio l'attività che le persone si trovano a svolgere in un ambiente virtuale a determinare in che maniera queste saranno in grado di conoscere il contesto in cui si trovano. Sarà inoltre la situazione complessiva ed il significato che essi danno all'esperienza che stanno vivendo a far in modo che l'ambiente virtuale (come ogni altra accezione di ambiente) non sia un luogo fisico bensì un luogo di possibilità.

A conclusione di questa sessione, e soprattutto alla luce degli esempi applicativi proposti nel capitolo 4 e 5, vorremmo introdurre

un elemento di riflessione: Esiste una vera dicotomia presenza fisica e presenza spaziale?

Da un lato la letteratura sulla presenza sembra non aver ancora chiarito la differenza fra questi termini. Come abbiamo visto nella prima parte del quarto capitolo, Biocca (1997) definisce l'*embodiment* come la presenza del corpo nell'ambiente VR. Allo stesso tempo Schubert e colleghi (1999b) attribuisce allo stesso termine *embodiment*, l'accezione di «essere dislocato nel VR». Ed infine non possiamo non notare come questa definizione sia sovrapponibile a come Lessiter e colleghi (2001) definiscono proprio la presenza spaziale.

Dall'altro se si intende adottare un'ottica di situatività nell'esperienza ed acquisizione di conoscenza non è più possibile fare una distinzione fra corpo ed ambiente. L'esperienza e la conoscenza divengono possibili solo dal continuo interpolarsi dell'agente e del contesto fisico ed emozionale in cui esso è inserito (Carassa, 2000).

Prima di concludere è necessario ribadire come l'essere umano non è mai solo nell'ambiente, quindi sarebbe riduttivo parlare di interazione uomo-ambiente in una prospettiva singolo utente. Finora lo abbiamo fatto per cercare di spiegare l'accezione di VR come interfaccia comunicativa (Riva, 1999) ma come già anticipato nella prima sessione del libro, si può parlare di VR anche e soprattutto come mezzo comunicativo. Per questo motivo dopo aver visto come è possibile avere un'esperienza in VR ed acquisire conoscenza da essa, nei prossimi capitoli vedremo come da interfaccia comunicativa (spazio in cui negoziare le esperienze) la VR diviene mezzo di comunicazione (spazio di condivisione delle esperienze nella negoziazione).