

# Che cosa conosciamo dei nostri movimenti ?

## Riassunto

Come l'insieme delle nostre conoscenze, anche quelle riguardanti i nostri movimenti sono silenziose. Renderle intelleggibili serve a meglio comprendere l'esperto nelle pratiche sportive o l'allievo che apprende il movimento. L'articolo esamina, anzitutto, l'accesso alle conoscenze procedurali. Sebbene queste conoscenze siano classicamente considerate come poco verbalizzabili, il protagonista può evocarle rallentando il movimento e accedendo così alle rappresentazioni che le sottendono. Allora egli è capace di descrivere il contenuto delle immagini visuo-spaziali (e dire ciò che conosce della pianificazione del movimento), di descrivere il contenuto delle immagini motorie (per evocare l'esecuzione del movimento). Nel caso in cui le abilità motorie sono costruite in maniera implicita, il protagonista può dichiarare ciò che sa fare dopo un interrogatorio pressante o in situazioni che lo portano a commettere degli errori. Tuttavia, il valore di queste conoscenze può essere rimesso in causa se non spiegano la performance. Questo è il problema affrontato nella seconda parte dell'articolo e che porta a sottolineare che l'utilità di ciò che conosciamo dipende dal tempo che ci è assegnato per rispondere. Inoltre, queste conoscenze non spiegheranno la performance in quanto usciti dalla pratica effettiva dell'attività. In conclusione, l'articolo propone tre livelli di conoscenza sul movimento.

## Parole chiave

Conoscenza dichiarativa, conoscenza procedurale, conoscenza strategica, coscienza, rappresentazione analogica.

## **1. INTRODUZIONE**

L'approccio cognitivista delle attività motorie si interessa, attualmente, alla questione: «Di quali saperi<sup>1</sup> dispone il soggetto sui suoi movimenti?» (French & McPherson, 1999).

Questo problema è abbastanza naturale poiché come l'immensa maggioranza delle nostre conoscenze, quelle che abbiamo dei nostri movimenti<sup>2</sup> sono

---

<sup>1</sup> La nozione di sapere è presa qui nel senso dell'idea esatta che noi abbiamo di una realtà.

<sup>2</sup> Si può essere tentati di considerare che il concetto di movimento sia troppo ristretto per parlare della motricità umana, che non è che la parte distale della motricità e dipendente da un insieme di processi, più importanti, che la determinano a monte. Effettivamente, ci sono dei movimenti che sono sufficientemente semplici per non essere molto interessanti in se stessi: è l'esempio della mano del giocatore di scacchi che sposta un pezzo. I processi mentali che prescrivono questo movimento sono effettivamente più interessanti. Tuttavia, in questo articolo viene trattato il movimento sportivo o dell'apprendente, in cui la realizzazione mobilita tutta la sua attenzione, perché egli deve forzatamente prendere in considerazione gli obblighi fisici che esercita l'ambiente (esempio: l'impatto della gravità sul peso del corpo) o ancora la tensione generata dallo sguardo dell'altro sul

latenti e notevolmente silenziose. Rendere queste conoscenze più intelleggibili serve a comprendere meglio l'esperto nelle pratiche sportive o colui che apprende un movimento. Tuttavia, bisogna riconoscere che la motricità è molto spesso dettata dalle conoscenze *procedurali* che sono insiemi di istruzioni incaricate di eseguire il movimento e, da questo fatto, molto poco verbalizzabili (Richard, 1990; Winograd, 1975). Per indicare ciò che egli sa del servizio nel tennis o della farfalla nel nuoto, il protagonista non sembra di poter fare meglio che di eseguire questi movimenti. Un'altra difficoltà risiede nel fatto che quando il soggetto dispone delle conoscenze *dichiarative*, verbalizzabili, e che non comportano alcuna prescrizione sulla loro utilizzazione, non è certo che queste conoscenze siano utili. In effetti, esse possono non essere che dei sottoprodotti dell'attività motoria (Williams & Davids, 1995) e non presentare in questo caso che un interesse molto debole.

L'articolo tenta di togliere le difficoltà enunciate per rispondere alla domanda posta. Nella prima parte discutiamo dell'accesso alle procedure. Dopo aver ricordato (2.1.) gli ostacoli che incontra il soggetto per dire ciò che sa fare (le procedure sono fugaci, difficilmente verbalizzabili nel corso della azione), presenteremo alcuni argomenti che permettono di delineare queste difficoltà. In particolare si tratterà, basandoci sulla funzione di rappresentazione (2.2.3.), di esaminare la possibilità di dichiarare le procedure, in maniera diretta (2.2.4) o in maniera più indiretta quando le procedure sono stabilite implicitamente (2.2.5). La seconda parte studia le conoscenze dichiarative (3), che possiede il soggetto, riguarda alla motricità. Queste conoscenze sono definite come strategie in riferimento al fatto che esse permettono d'organizzare una combinazione di operazioni in vista di raggiungere un obiettivo (Thomas, French & Humphries, 1986; Willingham, 1998). Dopo aver esaminato la loro natura (3.1), questa seconda parte s'interessa soprattutto al ruolo che possono giocare nella spiegazione della performance.

## **2. L'ACCESSO ALLE PROCEDURE**

### **2.1. Un approccio a priori difficile**

L'individuo possiede numerose conoscenze riguardanti le sue pratiche motorie. Tuttavia, è nel corso dello svolgimento di tali pratiche che queste conoscenze possono esprimersi. Allora il ricercatore tenta di raccogliere questi saperi mentre il protagonista realizza il movimento. McNeill (1975) chiede così ai partecipanti della ricerca di descrivere verbalmente l'azione di sedersi o di alzarsi in piedi.

Le registrazioni audiovisive rivelano che la descrizione verbale segue l'atto motorio ed è costituita da commenti relativamente poveri. Klinger (1974) nota che l'individuo impegnato in un compito manuale non commenta la azione che con interiezioni (esempio: «Ah, sì», «Buon sangue!») o delle verba-

---

corpo, per pervenire ad un effetto in quest'ambiente. Di più, i risultati dell'esecuzione del movimento dovranno necessariamente essere presi in considerazione nelle realizzazioni ulteriori. Ciò fa sì che non c'è inizio o fine del movimento: esso è presente a tutti i livelli della sua costruzione e costituisce, da questo fatto, un concetto sufficiente per rendere conto della motricità.

lizzazioni che non denotano che una semplice implicazione della sua attenzione (esempio: «vediamo questo», «ecco», «dov'ero io?»). Annett (1988) chiede ai partecipanti di spiegare il modo con cui essi spiegano il modo per fare un nodo con due cordicelle e con o senza la possibilità d'eseguire il gesto. Nel primo caso le parole sono difficili da trovare. L'accesso a queste conoscenze procedurali – molto dipendenti dalla loro utilizzazione (Winograd, 1975) – è laborioso.

A questa difficoltà si aggiunge il fatto che le procedure sono fugaci, poiché destinate ad una trasformazione molto rapida in “treni” d'impulsi motori (Ericsson & Charness, 1994; Jeannerod, 1994, 1995, 1997; Rosenbaum, 1980). Il protagonista non porta la sua attenzione su tutto il movimento, ma essenzialmente sulla sua parte terminale per valutarne l'esattezza in rapporto alla traccia percettiva che ha potuto formare nelle prove precedentemente riuscite. Henderson (1975) mostra anche che giocatori di freccette esperti possono, su questa sola informazione, predire con precisione il luogo del bersaglio raggiunto mentre la visione del loro movimento e della traiettoria della freccetta è occultato giusto prima che le dita del lanciatore lascino la freccetta.

Di più, la presenza di un oggetto sul quale si esercita un movimento molto automatizzato può da sola innescare il movimento. Le condotte rispondono, in questo caso, a certe proprietà strutturali dell'oggetto e talvolta in modo così irresistibile, per cui Oakley (1985) parlerà della tirannia dello stimolo. È l'esempio riportato da Reason (1993): una donna possedeva uno specchio per pettinarsi ed un secondo per togliere le sue lenti a contatto, e si sedeva per sbaglio di fronte all'altro specchio. Ella dovette constatare che ciò l'aveva portata, malgrado essa, a togliere le sue lenti a contatto. Il carattere imperioso di questa motricità ne garantisce spesso l'efficacia ed in particolare in situazioni d'urgenza, ma obbliga a prenderne coscienza *a posteriori*.

## **2.2. Dichiarare le procedure**

Tuttavia, queste difficoltà possono essere ridotte. Come indica George (1988), se le conoscenze procedurali si distinguono dalle conoscenze dichiarative nel loro modo d'espressione, ciò non implica che esista una differenza riguardante il loro contenuto. Di più, così come si attribuisce alle conoscenze dichiarative la possibilità di diventare saperi sulle azioni, si può sottolineare che le conoscenze procedurali integrano le proprietà degli oggetti sui quali esse si esercitano, le proprietà dell'ambiente nelle quali si inscrivono. Così, si può difendere l'idea che le conoscenze procedurali possono essere dichiarate. Quest'idea è sostenuta da due argomenti.

### **2.2.1. Il ruolo dell'attesa del risultato**

Anzitutto, si può considerare che l'atto motorio è sempre oggetto di una simulazione e di un'attesa di risultato (Annett, 1995; Berthoz, 1996) attestata da un'azione neuronale persistente il tempo necessario al compito motorio per essere realizzato (Jeannerod, 1997). Succede come se tutte le unità neuronali che intervengono nell'organizzazione gerarchica in attività rimanessero in attività fino a quando i loro propri obiettivi vengono raggiunti. Le unità più elevate nella gerarchia del comando motorio raggiungono così la

realizzazione completa del movimento prima di ridiventare silenziose. Senza questa rappresentazione di «ciò che c'è da fare», che persiste lungo tutto il movimento, si rischia di dover indefinitamente ricominciare un movimento il cui scopo è dimenticato con il suo inizio. Lo stesso, si esamina male la maniera con cui due movimenti potranno essere armoniosamente accoppiati senza che il sistema motorio non sia avvertito che quando la realizzazione del primo sia terminata o quasi conclusa. In questo caso si tratta di riconoscere una delle caratteristiche della motricità. Sperry (1947), parlando di scariche corollari, o von Holst (1954), parlando del concetto vicino di copie di «efferenze», auspicano sottolineare che ciascuna volta che il sistema motorio indirizza un ordine verso il sistema muscolare, esso indirizza una copia di quest'ordine verso un comparatore il cui ruolo è d'indicare al sistema che il movimento si è o non si è svolto come previsto. È questo il caso del modello di controllo della motricità, proposto da Gray (1982; 1995), costituito da parecchie unità. Una è un generatore di predizioni che opera sulla base degli avvenimenti sensoriali uscite dalle esperienze precedenti: i predittori generano ed innescano dei programmi d'esplorazione. Le informazioni risultanti sono inviate verso un comparatore che riceve anche una copia di questa predizione. Se il risultato corrisponde all'attesa del sistema, il comparatore resta silenzioso, ma allerta il sistema se esiste uno scostamento tra la copia di efferenza e la riafferenza uscita dal movimento. Questo lascia chiaramente intendere che il sistema nervoso centrale ha una percezione del risultato desiderato senza dover attendere le riafferenze sensoriali o lo stesso senza dover realizzare il gesto. Questo funzionamento non richiede più che il protagonista specifichi le contrazioni muscolari: la descrizione dettagliata delle uscite motrici è realizzata dagli interneuroni che agiscono come regolatori in circuito chiuso sotto il controllo di comandi corticali (Loeb, Levine & He, 1990).

### **2.2.2. Il ruolo della coscienza**

Il secondo argomento risiede nel fatto che il protagonista perviene a comprendere ciò che è in grado di fare. Tuttavia, i dettagli d'installazione dell'attività d'analisi limitano il ruolo della presa di coscienza a queste attività motorie in cui il timing della realizzazione è largamente sotto il suo controllo («self-paced activities»). In effetti, si sa che ogni avvenimento cerebrale è oggetto di un'esperienza cosciente solo per circa 500 ms (Libet, 1978; 1982; 1993) e che possieda un'intensità sufficiente. Di più, in un'attività motoria innescata volontariamente, la presa di coscienza sopraggiunge 350 ms dopo che un potenziale corticale evocato sia stato registrato, 200 ms prima dell'innescare del movimento.

Così, noi non proviamo il mondo sensoriale in tempo reale. Ogni desiderio di agire è preceduto da un'attività corticale che non è cosciente. Detto altrimenti, il cervello decide di apportare una risposta ad uno stimolo prima che il soggetto ne abbia una chiara coscienza. Così, quando lo sprinter esce dai blocchi di partenza, 100-120 ms dopo lo sparo dello starter, egli sente il segnale (cioè ne porta la coscienza al cervello) prima della sua partenza. Infatti, la presa di coscienza agisce in maniera retroattiva portando il protagonista a considerarsi (falsamente) come l'attore cosciente di ciò che è unicamente devoluto all'attività corticale (Libet, 1993; Libet, Wright, Feinstein &

Pearl, 1979). Invece, il termine di 200 ms che precede l'esecuzione è un termine sufficiente perché il protagonista possa, per esempio, imporre il suo veto all'azione. Castiello & Jeannerod (1991) mettono in risalto tali scostamenti tra la risposta comportamentale e la coscienza del protagonista mostrando che il sistema visuo-motorio impegnato in un movimento di puntamento è capace di correzioni che non saranno percepite coscientemente che alcune decine di millisecondi più tardi. I tempi d'intervento corticale, invece, sono molto brevi. Così, uno stimolo periferico anche di debole intensità può innescare dei potenziali d'azione a livello della corteccia somato-sensoriale 20 ms dopo il suo sopraggiungere (Libet, 1993).

Le funzioni più elevate del sistema nervoso centrale possono quindi essere investite molto rapidamente nel compito e formulare delle attese di fronte alla risposta motoria messa in gioco. La velocità d'intervento non è, in effetti, un limite all'intervento dei processi cognitivi. Si può così citare Simon (Offstadter, 1987), per il quale «tutto ciò che succede d'interessante in materia di cognizione passa al di sopra della soglia dei 100 millisecondi»!

Per esempio, il modello del gesto di raggiungere e di presa manuale di un oggetto sviluppato da Hoff & Arbib (1993) mostra bene che correzioni del gesto non raggiungono il suo termine, ma si realizzano in funzione di una stima preliminare della durata del movimento. Le correzioni vengono fatte senza un aumento notevole della durata del movimento, ciò che lascia intendere che esse si realizzano «on line», cioè nel corso d'esecuzione ed a partire da copie del comando indirizzate ai livelli intermedi del controllo del movimento (Jeannerod, 1997). Se i tempi della presa di coscienza riducono la loro importanza nel controllo *a priori* dell'azione, invece può fornire delle indicazioni essenziali sulla preparazione dell'azione se il protagonista sospende o differisce l'innescare dell'azione. Allora, si può avere un accesso alle conoscenze riguardanti il movimento.

### **2.2.3. L'attività di rappresentazione**

Quest'accesso cosciente è sotteso all'attività di rappresentazione che mobilita la memoria di lavoro (Tiberghien e Jeannerod, 1995). Una rappresentazione è una ricostruzione circostanziale che rivela ciò che l'individuo comprende degli obblighi esercitati da e sul movimento e la maniera con cui egli interpreta ciò che c'è da fare. In effetti, ci sono tutte le possibilità per credere che le nostre rappresentazioni riflettano la realtà. Attualmente, quest'idea è ben argomentata (Decety, 1996; Berthoz, 1996). Questi autori mostrano che immaginare od eseguire un movimento sollecita le stesse aree neuronali. Di più, sembra possibile ammettere che i processi messi in gioco nel corso dell'immaginazione dell'azione siano gli stessi di quelli che sono abitualmente messi in gioco nel corso dell'azione reale (Jeannerod, 1997). Dichiarando il contenuto delle sue rappresentazioni, il soggetto perviene così a descrivere ciò che c'è da fare o ciò che fa. Come precisa Le Ny (1994), la procedura sperimentale accetta prudentemente l'introspezione nella misura in cui essa ha i mezzi per completare questa testimonianza e di valicarla con la raccolta di dati oggettivi supplementari come quelli usciti da tecniche come l'elettromiografia, la tomografia ad emissione di positroni. Bisogna anche notare un altro rischio: quello di vedere il corso normale del processo abitualmente impegnato essere modificato quando si chiede ad un soggetto

di pensare ad alta voce a ciò che realizza. Tuttavia, si è potuto mostrare che pensare ad alta voce non modifica il compito e le performance quando, per compiti verbali come quelli che necessitano l'utilizzo di parole per formare delle frasi (von Borstel, 1982), il soggetto non fa che commentare il compito in corso e non a spiegare le ragioni delle sue azioni.

Per le ragioni evocate, l'accesso alle conoscenze può essere relativamente **diretto**. Tuttavia ci sono dei casi in cui le abilità motorie si acquisiscono in maniera implicita (Nissen & Bullemer, 1987; Bright & Freedman, 1998). L'accesso a ciò che comanda il movimento è allora più difficile. Il protagonista sa fare, ma non sa che possiede l'abilità studiata. Le conoscenze sui movimenti sono allora accessibili, ma in maniera più **indiretta**: si deve fare ricorso ad un interrogatorio pressante del protagonista o a situazioni che lo portino a commettere degli errori perché prenda coscienza di ciò che è impegnato nel movimento.

#### **2.2.4. Gli accessi diretti**

Il protagonista può accedere direttamente alle rappresentazioni dei suoi movimenti se si prende cura di lasciargli il tempo necessario. Per Annett (1986) rallentare il movimento è poter descriverne i meccanismi intimi. Ci interesseremo qui ad una forma particolare di rappresentazione<sup>3</sup>, che è la rappresentazione analogica la cui proprietà è di raffigurare in maniera quasi percettiva l'ambiente nel quale si svolge il movimento (si parla d'immagine visuo-spaziale) o in maniera quasi sensoriale l'esecuzione del movimento (allora si parla d'immagine motoria).

##### • *Il posto dell'immagine*

Il posto dell'immagine nell'accesso a ciò che conosce il soggetto dei suoi movimenti è tanto meglio difesa quanto più l'immagine è considerata come implicata nella preparazione del movimento reale (Jeannerod, 1997).

Tuttavia, interessarsi all'immagine è anzitutto dover scartare le impressioni, le idee e perfino i sentimenti del protagonista sulla sua motricità e ritenere le figurazioni che si inscrivono nei supporti biologici e che conservano un'analogia molto alta con il concetto o con la costruzione del movimento. Quest'analogia conferisce a questo tipo di conoscenza una natura sensibile.

I lavori di Tootell, Switkes, Silverman & Hamilton (1988) mostrano, per esempio, che l'attivazione neuronale prodotta da uno stimolo negli strati primari della corteccia visiva è di un'alta fedeltà retinotopica. Cioè essa possiede una notevole rassomiglianza con lo stimolo dato a vedere. In questo caso si fa espressamente riferimento alla conformità delle rappresentazioni figurate con l'oggetto riferito, conformità che permette di credere alla corri-

---

<sup>3</sup> Esistono anche delle rappresentazioni simboliche che, in casi particolari, possono figurare economicamente e direttamente (ad esempio, senza ricorso ad un'immagine) ciò che deve fare in modo verbale. Warden (1924) mostrava, per esempio, che la migliore rappresentazione sottende l'apprendimento di un cammino in un labirinto è verbale. In questo tipo di lavoro, che necessita ricordare l'ordine temporale delle azioni, il linguaggio parlato codifica economicamente le direzioni e indicazioni di cambiamento di direzione (ad esempio: «fare una inversione ad U fin dall'ingresso, poi girare tre volte di seguito a destra, ecc.»). In confronto, per pervenire alla stessa qualità di richiamo, i soggetti pregati di codificare il cammino in maniera motoria (ad esempio: seguendo con il dito il cammino e tentando di ricordarsene grazie alle impressioni di direzione uscite dallo sforzo della mano e dell'avambraccio) avevano bisogno di quattro prove in più per raggiungere la stessa performance di richiamo.

spondenza tra immagine ed oggetto, tra immagine e situazione (Pylyshyn, 1981). Questa conformità porta a costrizioni. Immaginare di entrare in una stanza particolare di una casa, è già forzatamente immaginare di superare la porta d'entrata. Immaginare di scrivere con la penna, è anzitutto immaginare di prenderla ed orientarla. Se un muro si alza nella rappresentazione che deve immaginare di prendere un attore, quest'ultimo ha difficoltà ad attraversarla o perfino semplicemente a valicarla (Pylyshyn, 1981). Questa concordanza ha i suoi vantaggi: immaginare il rimbalzo di una palla sul muro o il suo volo segue le leggi della fisica. Féry & Isaac (1995) mostrano anche molto bene che altre aree corticali specifiche (che è perfettamente impossibile sollecitare volontariamente) sono attivate in modo differenziato nei partecipanti che riferiscono di poter immaginare con facilità situazioni come saltare, nuotare, correre. Altre prove di concordanza riguardano l'immagine motoria esistente. Sekiyama (1982) analizza i tempi di reazione (TR) in un compito di riconoscimento per trarre una conseguenza sulla natura delle rappresentazioni messe in gioco. L'autore chiede ai partecipanti alla sua esperienza di indicare se il disegno di una mano è quello di una mano destra o di una mano sinistra. I tempi di reazione (TR) variano sistematicamente in funzione dell'orientamento dello stimolo a partire dall'orientamento verticale (più il disegno era inclinato e più lungo era il TR). Sono anche apparse alcune distinzioni quando l'autore ha confrontato i TR per i disegni relativi ad una mano sinistra e a quelli relativi ad una mano destra. Essi erano, in qualche modo, inversi. L'autore indica che i TR sono relativi alla possibilità di realizzare effettivamente la rotazione della mano. In effetti, quando facciamo girare la mano sul piano frontale, la mano sinistra gira più facilmente in senso orario che nel senso contrario. Invece è l'inverso per la mano destra. L'analisi dei TR conferma questo fatto. L'autore conclude che, per identificare una mano come destra o sinistra, i partecipanti immaginano la loro propria mano girare. In generale, si è potuto mostrare che immaginare di realizzare un esercizio intenso che porta a manifestazioni incoercibili del sistema autonomo (esempio: frequenza respiratoria, frequenza cardiaca) completamente comparabili ai fenomeni fisiologici rilevato nel corso della pratica reale (Beyer, Weiss, Hansen, Wolf & Seidel, 1990; Decety, Jeannerod, Durozard & Baverel, 1993).

- *L'immagine: un accesso agli spazi del movimento*

Se l'evocazione delle rappresentazioni del movimento determina la costituzione di conoscenze sul movimento, la questione del peso relativo delle vocazioni visuo-spaziali e delle evocazioni motorie in questa conoscenza resta invece abbastanza discussa (ad esempio, Mitchell, 1994; Klatsky, 1994). Per chiarire questa distinzione si possono utilmente citare i lavori di Thomson (1983). In una serie di sei sperimentazioni, l'autore mostra che la marcia ad occhi chiusi verso un bersaglio posto a cinque metri, e preliminarmente visto, è guidato dalle rappresentazioni visive dello spazio circostante piuttosto che da un programma motorio cieco. In effetti, fermati inopinatamente nella loro marcia ad occhi chiusi verso il bersaglio lontano, i partecipanti pervenivano a localizzare tanti oggetto vicini al bersaglio da raggiungere. Questo significa che la rappresentazione che guida la loro marcia è una rappresentazione ampia di tutto l'ambiente e facilmente consultabile. Invece,

fino a cinque metri la marcia in cieco sembra maggiormente organizzata da un programma motorio cieco, cioè che non fa appello a tali rappresentazioni dei dintorni. Attualmente, si distingue uno spazio dedicato all'organizzazione generale dell'azione – dove gli oggetti sono identificati, nominati, localizzati gli uni in rapporto agli altri – da uno spazio dedicato alle azioni sugli oggetti (Jeannerod, 1994; Bridgeman, 1992; Paillard 1991). Lo scopo del movimento è formulato in funzione degli effetti attesi dell'azione, ma senza che questa ultima ne sia specificata in termini di ordini motori (che costituiranno la sua parte distale). Si è quindi inclini a considerare che ciò che appartiene al registro del riconoscimento visivo è distinto dal riconoscimento «motorio». Su quest'argomento, si è potuto mostrare che gli individui sofferenti di lesioni a livello delle aree temporali (memorie visive) sono incapaci di riconoscere degli oggetti, ma invece capaci di prenderli in maniera adatta cioè preformando la loro mano in base alla loro dimensione (Milner & Goodale, 1995).

Sembra che ciascun tipo d'immagine possa intervenire nelle differenti tappe dell'organizzazione del movimento e quindi rivelarne degli spazi differenti. La pianificazione della motricità obbliga ad inscrivere il movimento da realizzare in un sistema di rappresentazioni visuo-spaziali, la sua realizzazione implica invece un'immagine motoria sollecitante in particolare i processi d'esecuzione del movimento e dei riferimenti corporei. Così, le immagini visive rapportate dal soggetto servono ad indicare ciò che egli conosce della organizzazione generale dell'azione nello spazio lontano (un referenziale allocentrico) o più esattamente negli spazi che per lui non hanno significato motorio diretto. L'esecuzione dei movimenti sollecita, invece, lo spazio degli oggetti considerati come tangibili, cioè essi sono percepiti in funzione degli sforzi muscolari necessari per raggiungerli, manipolarli. Il sistema di reperimento egocentrato è maggiormente legato alla programmazione e alla conduzione del movimento. Prende la via occipito-parietale (Ungerleider & Mishkin, 1982) che racchiude le memorie di configurazione degli oggetti per l'azione, cioè che detengono le indicazioni per prenderli, manipolarli, lanciaarli, ecc. Questo spazio è molto fluttuante, poiché è definito in rapporto all'effettore suscettibile di essere messo in gioco nell'azione. È quindi strutturato dagli obblighi biomeccanici dell'effettore. L'immagine messa in gioco è un'immagine più incarnata, cioè che rinvia alla sensazione che ha il soggetto del suo corpo e degli obblighi biomeccanici che deve rispettare il movimento.

Una cooperazione tra questi due spazi esiste e si rivela anche necessaria. Così, in numerose attività sportive, il soggetto interrogato può riportare di dover realizzare dei riferimenti che si iscrivono piuttosto in uno spazio allocentrico per pianificare il movimento da intraprendere e dei riferimenti egocentrici specificando il programma motorio da attuare. Per esempio Chevalier e Renaud (1991) presentano il disegno annotato realizzato da uno sciatore di fondo che rende conto della maniera in cui si rappresenta un percorso che ha imparato. Ciò che è scritto sul disegno rappresentante il percorso, corrisponde bene ad un'evocazione dell'esecuzione di movimento [come per esempio differenti tecniche di sci (passo pattinato e passo scivolato) o ancora differenti velocità d'esecuzione] in funzione della loro situazione topografica (come per esempio la curva da scegliere, la salita o il falso piano da affrontare).

### **2.2.5. Gli accessi più indiretti**

Nissen & Bullemer (1987) si sono interessati all'acquisizione non cosciente di abilità sensomotorie. I partecipanti avevano il compito di rispondere ad un bersaglio che si spostava su uno schermo di computer. La loro consegna era di premere il più velocemente possibile una tasto in corrispondenza con il luogo in cui appariva il bersaglio sullo schermo (caso A, B, C o D). Senza che i partecipanti lo sapessero, il bersaglio seguiva una sequenza complessa (DBCACBDCBA) ripetuta in modo identico lungo tutte le sessioni; invece, altri partecipanti dovevano far fronte a sequenze totalmente aleatorie. Le performance misurate in termini di tempo di reazione migliorarono di blocco di prove in blocco di prove rivelando un aggiustamento sensomotorio consecutivo alla pratica del compito con, tuttavia, un più forte miglioramento delle performance nei partecipanti confrontati alle sequenze ripetute. In condizioni normali questo miglioramento delle performance precedeva la presa di coscienza della ripetizione da parte dei partecipanti. Inoltre, invitati a descrivere la sequenza appresa, i partecipanti preferivano descrivere puntando il dito nella localizzazione e poi seguendola, piuttosto che descrivere verbalmente la sequenza.

Un'altra via d'accesso alle procedure installate al di fuori della coscienza è quella dell'errore, e particolarmente della sua rettificazione che caratterizza bene il pensiero sperimentale. Quando, per esempio, il numero di marce su una scala è sottostimato, noi siamo sorpresi dell'assenza dell'«ultima» marcia. L'attività motoria non produce il risultato atteso: all'occorrenza, l'attività muscolare della gamba che incontra la resistenza al suolo al livello previsto. Oltre al fatto che allora si prenda conoscenza di una motricità che si svolge abitualmente in modo automatizzato, la potenza del movimento d'estensione della gamba lascia vedere «in negativo» l'importanza dello sforzo che il sistema aveva programmato per sollevare il corpo. Si possono anche citare i lavori di Vallacher & Wenger (1987) che sviluppano una teoria («Action identification theory») secondo la quale l'attenzione del soggetto può essere portata sui livelli più alti dell'organizzazione dell'azione come sui livelli più bassi del suo controllo. L'identificazione di un'azione esercita una forza di selezione e di guida delle azioni successive. Uno dei principi di questa teoria è che quando l'obiettivo primario di un'azione non può essere raggiunto, i livelli più elementari possono essere interrogati per sperare di riconoscere l'incrinatura.

Un'altra indicazione che dà l'errore è da trarre dagli studi che si interessano all'anticipazione negli sport sottoposti a forte costrizione di tempo. Le sperimentazioni mostrano che questa condotta non si basa su attitudini particolari, ma sull'abilità ad estrarre degli indici dal campo della pratica (Abernethy, 1990; Abernethy, Neil & Koning, 1994; Starkes, Deakin, Lindley & O'Reilly, 1994). Le differenze che esistono tra gli esperti e i principianti non sono misurate che nel settore nel quale gli esperti eccellono e certamente nella maniera con cui sono sfruttati gli indici estratti dalla situazione. Tuttavia quando si interroga l'esperto su ciò che osserva precisamente, egli non sa rispondere sempre con precisione. La funzione visiva è qui poco informativa e tutto succede come se effettivamente non esistesse continuità tra la visione e la cognizione (Pylyshyn, in stampa). Invece, queste conoscenze possono essere ricoperte in modo indiretto utilizzando dei montaggi visivi che

mascherano certe parti di una scena abituale. Abernethy & Russell (1987) utilizzano così un film che mostra un giocatore di badminton che colpisce un volano dalla sua parte del campo. Il compito dei partecipanti esperti e principianti era di predire la traiettoria del volano dopo che il film era stato fermato prima, durante o dopo il colpo. In una seconda parte dell'esperienza, gli autori presentarono lo stesso film, ma questa volta cancellando in modo selettivo certe parti del corpo del giocatore. Presentando come variabile dipendente la precisione delle predizioni dei partecipanti, gli autori pervennero a definire «per difetto» il momento dell'azione e le parti del corpo effettivamente osservate dall'esperto per stabilire le sue anticipazioni: quelle, la cui assenza nel montaggio, che lo portano a commettere degli errori inabituali.

Queste diverse possibilità di dichiarazione di procedure portano a pensare che il soggetto può completare utilmente le sue conoscenze sui suoi movimenti e così pianificare meglio i suoi futuri movimenti (Williams & Davids, 1995) hanno tuttavia logicamente posto la questione di sapere se le conoscenze del soggetto, in particolare le conoscenze strategiche incaricate di coordinare i tipi di azioni e di movimenti da intraprendere (Willingham, 1998), potevano avere un valore esplicativo della performance o se, al contrario, risentono di uno statuto di semplice sottoprodotto dell'attività motoria. È questo il problema che si sta affrontando oggi. Dopo aver esaminato la natura di queste conoscenze strategiche, questa seconda parte dell'articolo si interessa soprattutto al ruolo che esse possono giocare nella spiegazione della performance.

### 3. LE CONOSCENZE STRATEGICHE

La maniera utilizzata dal protagonista per esprimere ciò che conosce prende le distanze di fronte ai suoi aspetti concreti (sensomotori e percettivi). Egli sviluppa nell'ambito della sua pratica sportiva delle conoscenze dichiarative strategiche che sono studiate da una quindicina di anni (McPherson & Thomas, 1989; McPherson, 1994; Starkes & Lindley, 1994; Williams & Davids, 1995).

#### 3.1. La natura delle conoscenze strategiche

French & McPherson (1999) considerano che la base di conoscenze nelle pratiche sportive comprenda dei saperi concettuali portanti per esempio sull'apprezzamento tattico di una situazione. Tuttavia, solo una parte di queste conoscenze è attivata nel corso del gioco nel processo di rappresentazione del problema: è sulla base di questa rappresentazione che sarà condotta l'interpretazione della situazione e la ricerca degli elementi di risposta. La descrizione delle conoscenze si basa su lavori come quelli di McPherson & Thomas (1989). Gli autori utilizzano i protocolli verbali che non si possono considerare come uno strumento valido d'analisi dell'esperienza in numerosi settori (Ericsson & Simon, 1993) e che raccolgono *verbatim* le proposte dei giocatori nel corso del gioco. Questi commenti verbali rivelano delle conoscenze concettuali che corrispondono bene a saperi tattici sull'attività. Per esempio, l'esperto nel tennis indica che ha percepito il suo avversario **troppo**

vicino a rete (concetto di situazione), che egli decide di vincere il punto in due tempi (concetto di scopo) ed eseguendo un lob (pallonetto) liftato dal lato del rovescio dell'avversario (concetto d'azione). I concetti dichiarati dal trinciante sono, in confronto, più poveri: tutto succede come se quest'ultimo cercasse semplicemente di non mancare la palla e nel rinviarla dall'altra parte della rete. I concetti dell'esperto sono anche associati in maniera rimarchevole. Essi sono legati da connettori che possono essere le congiunzioni «se», «poiché» o delle preposizioni, «di modo tale che», «a causa di». Gli autori trovano, nel discorso dell'esperto, fino a tre tipi di concetti uniti da due connettori. Il concetto di situazione descrive le condizioni del gioco («se sono in tale situazione») che inducono lo scopo dell'azione da intraprendere, «allora devo considerare tale riposta» ed i mezzi per pervenirvi, «giocando tale colpo». La natura ed il grado di sofisticazione di queste conoscenze mobilitate dipendono dai tempi di risposta offerti al protagonista. Vom Hofe (1992) studia il tipo di attività cognitive attuate durante un compito di decisione nel football. L'esperienza consiste nell'indicare la migliore soluzione di passaggio in una situazione tattica che mette in gioco degli attaccanti e dei difensori. Utilizzando la regressione multipla sequenziale, l'autore evidenzia che le risposte prodotte sotto pressione temporale (esempio, nella seconda) sono ben esplicate dalle abilità percettive (esempio, quella ingaggiata in particolare nel processo di rotazione mentale). Invece, quando è lasciato maggior tempo al giocatore (esempio, 20 secondi) per trovare delle soluzioni valide supplementari, abilità cognitive più sofisticate misurate con un test d'intelligenza induttiva, ma anche un test di conoscenze dichiarative riguardanti il football, sono messe in gioco (esempio, un questionario nel quale devono essere conosciuti i compiti di ciascun compito).

Questa sperimentazione indica che lo studio sulla natura delle conoscenze dichiarative attuate durante il movimento necessita di prendere in considerazione i termini di risposta che sono offerti dal protagonista. Di più, prima di poter considerare che le conoscenze ritenute strutturano il movimento, bisogna avere degli argomenti che permettono di credere che essi giocano un ruolo causale nella performance (Allard, Deakin, Parker & Rodgers, 1993).

### **3.2. Ruolo delle conoscenze strategiche sul movimento nella spiegazione della performance**

McPherson & Thomas (1989) danno una prima indicazione riguardante l'utilità delle conoscenze dichiarative della performance. Essi mostrano che i concetti dichiarati dagli esperti sono efficienti nella misura in cui enunciano («io vado a servire dal lato del suo rovescio allo scopo di infastidirlo») si avvera essere fruttuoso poiché i giocatori guadagnano il punto e del modo annunciato. Gli autori mostrano che le conoscenze nel tennis (misurate da un test di conoscenze sui dati di fatto si basano sulla conoscenza delle regole di gioco, i posizionamenti dei giocatori, i colpi) sono legati all'efficienza del servizio e dei colpi da fondo campo nella partita. Nello stesso contesto, Deakin & Allard (1991) studiano il modo con cui le conoscenze dei pattinatori di alto livello determinano l'apprendimento di figure. In modo interessanti, gli autori utilizzano un procedimento ipotetico-deduttivo che permette di formulare delle ipotesi sul ruolo causale esercitato dalle conoscenze

nella spiegazione della performance. In effetti, se l'esperto codifica delle figure di pattinaggio da imparare secondo i loro aspetti semantici mentre deve poter sempre riconoscere facilmente le figure qualunque sia l'esecutore. Gli autori mostrano che quando deve essere riconosciuta una figura precedentemente eseguita da un pattinatore, i tempi d'identificazione sono identici, che la figura sia di nuovo eseguita dallo stesso pattinatore o eseguita da un altro pattinatore. Invece, i soggetti con un livello d'abilità minore prendono maggiore tempo, fanno più errori in quest'ultima modalità di presentazione. I risultati ottenuti sono conformi all'ipotesi e permettono di pensare che gli esperti analizzano una figura non nei suoi aspetti fisici e strutturali – cioè ad un livello percettivo – ma ad un livello di trattamento semantico (il nome del movimento, la sua classe, il vocabolario particolare utilizzato dalla comunità del pattinaggio). Il ruolo causale delle conoscenze semantiche nella spiegazione della performance è così sottolineata almeno a livello dei meccanismi d'apprendimento di concatenamenti. In altre esperienze, gli autori richiedono agli esperti e ai pattinatori di livello inferiore di richiamare sia verbalmente sia eseguendole le figure dimostrate. I risultati mostrano che il richiamo degli esperti è migliore nei due casi e sottolineano l'importanza del sistema di rappresentazioni astratte della performance. Tuttavia, quando queste figure sono enunciate sotto forma scritta, piuttosto che dimostrate, il richiamo non è migliore negli esperti, e ciò lascia intendere che una presentazione semantica di figure senza riferimento alla loro esecuzione è senza dubbio molto lontana dalle abitudini del pattinatore esperto. Gli autori interpretano questo risultato come un'indicazione di fatto che gli esperti pattinatori non memorizzano le figure visive seguendo delle strategie come quelle che noi sviluppiamo per memorizzare degli elenchi di parole. I pattinatori devono poter fare riferimento alle condizioni della realizzazione motoria. La mobilitazione delle conoscenze semantiche sull'azione è certa, ma sembra legata alla possibilità del soggetto di eseguire l'azione. Williams & Davids (1995) tentano di verificare quest'ipotesi dimostrando che non esistono, in materia di motricità, delle vere conoscenze che non siano state legate in modo stretto alla pratica dell'attività. Ispirandosi ad un primo studio di Allard *et al.* (1993), gli autori confrontano la qualità delle decisioni in soggetti con esperienza nel football (da 620 a 650 partite). Un gruppo è costituito da supporter abituali, ma il cui handicap motorio gli vieta di praticare o di aver praticato. Le loro conoscenze sono state acquisite assistendo assiduamente alle partite. L'altro gruppo è costituito da giocatori che hanno seguito allenamenti fondati su allenamenti generali e molto poco sugli aspetti tattici. Le loro conoscenze sono state acquisite giocando. Gli autori presentano ai partecipanti un film che mostra un attacco con palla al piede. Nel momento del passaggio, il film è fermato e ciascun partecipante deve indicare il più precisamente e velocemente possibile il destinatario del passaggio. I risultati mostrano che i partecipanti praticanti anticipano meglio e più velocemente in questo tipo di situazione. Le conoscenze dichiarative hanno valore per la comprensione della performance sportiva solo quando sono state stabilite nell'esercizio effettivo dell'attività. In altri termini, le conoscenze possedute dallo sportivo praticante hanno solo una somiglianza di superficie con le conoscenze dello spettatore, anche molto preparato.

Così, per concludere questo capitolo, sembra che la verbalizzazione continui a giocare un ruolo importante anche quando il soggetto diventa esperto nella sua pratica, ciò che lascia credere che i processi cognitivi continuino ad essere sollecitati anche per questi livelli avanzati di pratica. Adams (1981) o Annett (1985) mostrano molto bene che l'implicazione dei processi cognitivi di alto livello non decresce in funzione della pratica. Si può andare anche fino ad evocare il fatto che certi autori rivendicano attualmente lo aspetto commensurabile della cognizione e della motricità (Prinz, 1997), cercando per esempio di sviluppare delle teorie motorie del funzionamento mentale (Dasser, Ulbaek & Premack, 1989; Viviani & Stucchi, 1992).

#### **4. CONCLUSIONE**

Anzitutto conviene riconoscere che le difficoltà sollevate dalla ricerca delle conoscenze sul movimento portano ad essere prudenti quando si utilizza questo concetto. In effetti, la pertinenza delle conoscenze liberate dal protagonista dipende dal fatto che egli possa fermarsi e riflettere sul movimento che realizza effettivamente nel corso del compito. Di più, riflettere sui suoi movimenti non sfugge al fatto che – come per la maggior parte dei settori dell'expertise – si possa sempre intercalare tra due conoscenze, una terza conoscenza che completa sempre più avanti ciò che sappiamo. Non dimentichiamoci, invece, che non si deve considerare che il soggetto possa integrare nelle sue rappresentazioni della motricità dei concetti o delle immagini superflue, cioè che non rinviano ad un processo effettivamente attivato.

L'apprezzamento di ciò che l'individuo conosce dei suoi movimenti porta a differenziare i piani d'analisi. Anzitutto, la conoscenza è talvolta così ancorata nel gesto e le sue contingenze esterne che il soggetto non ha che il movimento che realizza in situazione per esprimere ciò che conosce. Questo è certamente il caso quando l'esperto evolve in attività sportive in cui la regolazione dei movimenti dipende dai dati ambientali (la ripresa al volo nel football). Nessun sostituto è sufficientemente forte per evocare l'abilità in maniera esaustiva o, in altri termini, nei suoi aspetti più sottili. Ogni tentativo consistente nello stabilire un sistema di regolazione tra la produzione e la sua evocazione non può essere – in questo caso – che insoddisfacente. Questa è, dal nostro punto di vista, la prima forma di conoscenza della motricità e ciò che contribuisce a stabilire la sua originalità. Un secondo livello di conoscenza può prendere alcune distanze di fronte alla riproduzione del movimento in situazione. Questo è il caso quando l'abilità è meno dipendente da contingenze esterne e che la sottendono delle rappresentazioni analogiche stabili. Il protagonista può descrivere ciò che esamina di fare, ciò che fa ed risultati attesi. Un terzo livello è maggiormente soggettivo. La conoscenza diventa simbolica ed utilizza dei descrittori arbitrari o meno convenzionali in cui il vantaggio è certamente di approfondire la conoscenza teorica sulla motricità. Tuttavia, questa conoscenza evoca sempre il movimento come se fosse sempre presente la sua realtà sensibile.

## Bibliografia

Abernethy B. & Russel D.G. (1987). Expert-novice differences in an applied selective attentions task. *Journal of Sport Psychology*, 9, 326-345.

Abernethy B. (1990). Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19, 63-77.

Abernethy B., Neil R.J. & Koning P. (1994). Visual-perception and cognitive differences between expert, intermediate and novice snooker players. *Applied Cognitive Psychology*, 8, 185-211.

Adams J.A., (1981). Do cognitive factors in motor performance become non-functional with practice? *Journal of Motor Behavior*, 13, 262-273.

Allard F., Deakin J., Parker S. & Rodgers W. (1993). Declarative knowledge in skilled motor performance: by product or constituent? In *Cognitive issues in motor expertise* (edited by J.L. Starkes and F. Allard), pp. 95-107. Elsevier Science, Amsterdam.

Annett J. (1985). Motor learning: A review. In *Motor Behavior: Programming, control, and acquisition* (edited by H. Heuer, U. Kleinbeck and K.-H. Schmidt), pp. 189-212. Springer, Berlin.

Annett J. (1986). On knowing how to do things. In *Generation and modulation of actions patterns* (edited by H. Heuer and C. Fromm), pp. 187-200. Springer, Berlin.

Annett J. (1988). Motor learning and retention. In *Practical aspects of memory: current research and issues, vol. 2*, (edited by M.M. Gruneborg, P.E. Morris and R.N. Sykes), pp. 434-440. John Wiley and Sons, Chichester.

Annett J. (1995). Imagery and motor processes: Editorial overview. *British Journal of psychology*, 86, 161-167.

Berthoz A. (1996). The role of inhibition in the hierarchical gating of executed and imaged movements. *Cognitive Brain Research*, 3, 101-113.

Beyer L., Weiss T., Hansen E., Wolf A. & Seidel A. (1990). Dynamics of central nervous activation during motor imagination. *International Journal of Psychophysiology*, 9, 75-80.

Bridgeman B. (1992). Conscious vs. unconscious processes: The case of vision. *Theory and Psychology*, 2, 73-88.

Brigh J.E. & Freedman O. (1998). Differences between implicit and explicit acquisition of a complex motor skill under pressure: An examination of some evidence. *British Journal of Psychology*, 89, 249-263.

Castiello U. & Jeannerod M. (1991). Measuring time to awareness. *Neuroreport*, 2, 797-800.

- Chevalier N. & Renaud J. (1991). L'évolution de l'image mentale du parcours chez le skieur d fond de haute niveau. *Revue des Sciences et Technique des Activités Physiques et Sportives*, 11, 17-25.
- Dasser V., Ulbaek I. & Premack D. (1989). The perception of intention, *Science*, 243, 365-367.
- Deakin J.M., & Allard F. (1991). Skilled memory in expert figure skaters. *Memory & Cognition*, 19, 79-86.
- Decety J. (1996). Do imagined and executed actions share the same neural substrate ? *Cognitive Brain Research*, 3, 87-93.
- Decety J., Jeannerod M., Durozard D., Baverel G. (1993). Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions. *Journal of Psychology*, 461, 549-563.
- Ericsson K.A. & Charness N. (1994). Expert performance. *American Psychologist*, 49, 725-747.
- Ericsson K.A. & Simon H.A. (1993). *Protocol analysis: Verbal report as data. Revised edition*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Féry Y.A., & Vom Hofe A. (1998). Imagery processes in evaluating duration of a ball flight. *Perceptual & Motor Skills*, 87, 1129-1130.
- Féry Y.A. & Vom Hofe A. (in press). When will the ball rebound? Evidence for the usefulness of mental analogues in the appraising of the duration of usual motions. *British Journal of Psychology*.
- French K.E. & McPherson S.L. (1999). Adaptations in response selection processes used during sport competition with increasing age and expertise. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 173-193.
- George C. (1988). Interactions entre les connaissances déclaratives et procédurales. In *Les automatismes cognitifs* (coordonné par P. Perruchet), pp. 103-137. Mardaga, Liège.
- Gray J.A. (1982). *The neuropsychology of anxiety. An enquiry into the functions of the septo-hippocampal system*. Oxford, Oxford University Press.
- Gray J.A. (1995). The contents of consciousness. A neuropsychological conjecture. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 659-722.
- Henderson S.E. (1975). Predicting the accuracy of a throw without visual feedback. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 183-189.
- Hoff B. & Arbib M.A. (1993). Models of trajectory formation and temporal interaction of reach and grasp. *Journal of Motor Behavior*, 25, 175-192.
- Hoffstadter D. (1987). Cognition, subcognition. Sortir du rêve de Boole. *Le Débat*, 47, 26-44.
- Jeannerod M. (1994). The representing brain : neural correlates of motor intention. *Behavioral & Brain Sciences*, 17, 187-245.

- Jeannerod M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 33, 1419-1432.
- Jeannerod M. (1997). *The cognitive neuroscience of action*. Blackwell Publishers.
- Klatzky R.L. (1994). On the relation between motor imagery and visual imagery. Commentary to Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 187-245.
- Klinger E. (1974). Utterances to evaluate steps and control attention distinguish operant from respondent thought while thinking out loud. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 4, 44-45.
- Le Ny J.-F. (1994). Les représentations mentales. In *Traité de Psychologie Expérimentale* (coordonné par M. Richelle, J. Requin et M. Bonnet), pp. 543-584. Presses Universitaires de France, Paris.
- Libet B. (1978). Neuronal vs. Subjective timing for a conscious sensory experience. In *Cerebral correlates of conscious experience* (edited by P.A. Buser and A. Røgeul-Buser), pp. 69-82. Elsevier Publishers, Amsterdam.
- Libet B. (1982). Brain stimulation in the study of neuronal functions for conscious sensory experience. *Human Neurobiology*, 1, 235-242.
- Libet B. (1993). *The neural time factor in conscious and unconscious events. Experimental and theoretical studies of consciousness*. Wiley (Ciba Foundation Symposium), Chichester.
- Libet B., Wright E.W. Jr., Feinstein B. & Pearl D.K. (1979). Subjective referral of the timing for a conscious sensory experience: a functional role for the somato-sensory specific projection system in man. *Brain*, 102, 191-222.
- Loeb G.E., Levine W.S. & He J. (1990). Understanding sensorimotor feedback through optimal control. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 15, 791-803.
- Marks D.F. & Isaac A.R. (1995). Topographical distribution of EEG activity accompanying visual and motor imagery in vivid and non-vivid imagers. *British Journal of Psychology*, 86, 271-282.
- McNeill D. (1975). Semiotic extension. In *Information processing and cognition* (edited by R. Solso), pp. 351-380. Erlbaum, Hillsdale.
- McPherson S.L. & Thomas J.R. (1989). Relation of knowledge and performance in boy's tennis: age and expertise. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48, 190-211.
- McPherson S.L. (1994). The development of sport expertise: mapping the tactical domain. *Quest*, 46, 223-340.
- Milner A.D. & Goodale M.A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford University Press, Oxford, England.

- Mitchell R.W. (1994). *Are motor images based on kinesthetic-visual matching?* Commentary of Jannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 187-245.
- Nissen M.J. & Bullemer P. (1987). Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Oakley D.A. (1985). Cognition and imagery in animals. In *Brain and mind* (edited by D.A. Oakley), pp. 99-131. Methue, London.
- Paillard J. (1991). Motor and representational framing of space. In *Brain and Space* (edited by J. Paillard), pp. 163-182. Oxford University Press, Oxford.
- Prinz W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 129-154.
- Pylyshyn Z.W. (1981). The imagery debate. Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 87, 16-26.
- Pylyshyn Z.W. (1999). Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behavioral and Brain Sciences*, (in press).
- Reason J. (1993). *L'erreur humaine*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Richard J.-F. (1990). La notion de représentation et les formes de représentations. In *Traité de Psychologie Cognitive : Le traitement de l'information symbolique* (coordonné par J.-F. Richard, C. Bonnet et R. Ghiglione), pp. 35-102. Presses Universitaires de France, Paris.
- Rosenbaum D.A. (1980). Human movement initiation : specification of arm, direction and extent. *Journal of Experimental Psychology : General*, 109, 444-476.
- Sekiyama K. (1982). Kinesthetic aspects of mental representation in the identification of left and right hands. *Perception & Psychophysics*, 32, 89-95.
- Sperry R.W. (1947). Effect of 180° rotation of the retinal field in visuomotor coordination. *Journal of Experimental Zoology*, 92, 263-279.
- Starkes J.L. & Lindley S. (1994). Can we hasten expertise by video simulations ? *Quest*, 46, 211-222.
- Starkes J.L., Deakin J.M., Lindley S. & O'Reilly K. (1994). Abilities and skill in basket-ball. Special issue: expert-novice difference in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 25, 249-265.
- Thomas J.R., French K.E. & Humphries C.A. (1986). Knowledge development and sport skill performance: directions for motor behaviour research. *Sport Psychology Today*, 8, 259-272.
- Thomason J.A. (1983). Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion ? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 9, 427-443.

- Tiberghien G. & Jennerod M. (1995). Pour la science cognitive. La métaphore cognitive est-elle scientifiquement fondée ? *Revue Internationale de Psychopathologie*, 18, 173-203.
- Tootle R.B.H., Switkes E., Silverman M.S. & Hamilton S.L. (1988). Functional anatomy of macaque striate cortex. II. Retinotopic organization. *The Journal of Neuroscience*, 8, 1531-1568.
- Ungerleider L.G. & Mishkin M. (1982). Two cortical visual system. In *Analysis of Visual Behavior* (edited by D.J. Ingle, M.A. Goodale and R.J.W. Mansfield), pp. 549-586. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Vallacher R.R. & Wegner D.M. (1987). What people think they're doing ? Action identification and human behaviour. *Psychological Review*, 94, 3-15.
- Viviani P. & Stucchi N. (1992). Biological movements look uniform. Evidence of motor-perceptual interactions. *Journal of Experimental Psychology: human Perception & Performance*, 18, 603-623.
- Vom Hofe A. (1991). Les connaissances procédurales dans la décision au football: quelles déterminations ? In *Sport et Psychologie*, Actes des II Congrès International d Psychologie su Sport (coordonné par J. Billard et M. Durand), pp. 163-170. Editions Revue EPS, Paris.
- Von Borstel G. (1982). An experimental test of an assumption of the think aloud method. *Unpublished diploma thesis. Department of Psychology. University of Hamburg, Germany.*
- Von Holst E. (1954). Relations between the central nervous system and the peripheral organs. *British Journal of Animal Behavior*, 2, 89-94.
- Warden C.J. (1924). The relative economy of various modes of attack in the mastery of a stylus maze. *Journal of Experimental Psychology*, 7, 243-275.
- Williams M. & Davids K. (1995). Declarative knowledge in sport: a by-product of expertise or a characteristic of expertise ? *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17, 259-275.
- Willingham D.B. (1998). A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105, 558-584.
- Winograd T. (1975). Frame representation and the declarative/procedural controversy. In *Representation and understanding* (edited by D.G. Brobow and A. Collins), pp. 185-210. Academic Press, New York.