

## LA LUCE, GLI OCCHI, IL SIGNIFICATO. L'ESPERIENZA UMANA DEL VEDERE

Domenica, 19 agosto 2007, ore 19.00

Partecipano:

Tommaso Bellini, Docente di Fisica Applicata all'Università degli Studi di Milano; Carlo Soave, Docente di Fisiologia Vegetale all'Università degli Studi di Milano;

Moderatore:

Mario Gargantini, Direttore di Emmeciquadro

### **MODERATORE:**

Buonasera e benvenuti a questo incontro. Provate a pensare a quante volte nella nostra esperienza quotidiana ricorriamo al verbo *vedere*, non solo riferendoci agli aspetti ottici e sensoriali del termine ("voglio vederci chiaro", "vedi di arrivare in tempo", e così via). Ecco, le molte valenze del termine vedere corrispondono al fatto che, in effetti, l'esperienza della visione ha un'ampiezza enorme, ben al di là delle sensazioni immediate. Bisogna però ammettere che l'uomo contemporaneo, cioè noi, ha smarrito questo senso ampio del vedere, fa fatica ad allargare e ad affinare lo sguardo. Si può dire che l'uomo della civiltà dell'immagine, bombardato continuamente di immagini, paradossalmente guarda molto ma vede poco. Vede poco la realtà.

Viviamo quindi una riduzione dell'esperienza del vedere almeno a due livelli. La riduciamo quando esasperiamo solo alcune sue componenti (la componente fisica, quella neurologica, quella psicologica), la riduciamo quando le togliamo il suo vero obiettivo, lo scopo, cioè la tensione a riconoscere la verità. Questo vale un po' per tutte le percezioni, ma in modo particolare per la visione. E' interessante notare, come ha fatto il grande teologo Von Balthasar, che in tedesco la parola percezione, *Wahrnehmung*, significa proprio capacità di cogliere il vero. Tutt'altro quindi che qualcosa di epidermico o di meccanico o di soltanto emotivo.

La mostra che presentiamo è un tentativo di superare queste riduzioni. La mostra è curata dall'associazione Euresis, l'associazione per la promozione e sviluppo della cultura e del lavoro scientifico, che ormai da una decina d'anni propone al Meeting - e poi in giro per l'Italia e anche oltre Italia - mostre che intendono raccontare l'avventura scientifica in tutto il suo spessore e la sua bellezza di esperienza umana e umanizzante. La mostra si prefigge, a partire dai dati della realtà e dalle più avanzate indagini scientifiche e multidisciplinari, di riconsegnarci l'ampiezza di un'esperienza che tutti facciamo continuamente, e gli interventi di questa sera ci introducono in questa prospettiva. Al termine dei due interventi, vi proporrò una breve visita guidata virtuale con qualche slide della mostra.

Ma ora la parola ai nostri ospiti: il professor Tommaso Bellini, docente di Fisica Applicata all'Università degli Studi di Milano e il professor Carlo Soave, docente di Fisiologia Vegetale all'Università degli Studi di Milano. La parola al professor Bellini.

## **TOMMASO BELLINI:**

Saluti a tutti. Era già da qualche anno che tra noi dell'associazione Euresis c'era l'idea di fare un lavoro sui sensi. Che è un tema ricco, perché i sensi hanno qualcosa di molto interessante: sono il punto d'incontro tra l'oggettività biologica, l'oggettività dei meccanismi di cui sono fatti i nostri sensi, e la soggettività di ciò che proviamo, che sentiamo, che percepiamo attraverso i nostri sensi. E quest'anno, in occasione di un Meeting che mette a tema la verità, ci è parso molto appropriato proporre un approfondimento su quello che è il punto di partenza della nostra ricerca della verità. I sensi sono infatti il nostro punto di contatto con la realtà che ci circonda. I sensi sono la via obbligata per conoscere la consistenza fisica di quello che ci circonda, per capirne le relazioni, per investigarne il significato. Con i nostri sensi compiamo delle continue analisi fisiche e chimiche dalla realtà. Pensate ad esempio come ci è facile percepire una sottile corrente d'aria in una giornata afosa, o in un ambiente chiuso. Basta un leggerissimo soffio e ci giriamo per capire da dove viene. Sono i termometri che abbiamo sottopelle, e i rivelatori di pressione attaccati al bulbo dei nostri peli. Provate ad alitarvi sul dorso della mano, e vedrete che non c'è soffio, per quanto debole, che la vostra pelle non registri. Con i sensi noi percepiamo e interpretiamo. La variazione di temperatura, la leggera pressione, ed ecco che subito concludiamo che ci debba essere dell'aria in movimento. Con i sensi percepiamo e investighiamo. Percepiamo e diamo un nome. Con i sensi analizziamo ciò che si trova a contatto con noi: con il tatto misuriamo temperatura e pressione, con l'olfatto e il gusto facciamo analisi chimiche di aria e cibi, con l'udito misuriamo le vibrazioni dell'aria a contatto con i nostri timpani, che sono i suoni. Analizziamo ciò che è a contatto con noi per investigare l'ambiente in cui siamo anche lontano da noi. I suoni sono percepiti perché arrivano a noi, ma sono poi interpretati nell'intento di identificare la loro direzione di arrivo. La medesima cosa è vera per gli odori e per gli spostamenti d'aria. E un po' così è anche la vista. Con gli occhi noi catturiamo una piccola parte della luce che si propaga nell'ambiente in cui ci troviamo. Con gli occhi esaminiamo la luce che entra nella nostra pupilla e che è diretta verso il fondo del nostro occhio. Questa luce viene talvolta direttamente dalla sorgente che la produce, come quando guardiamo il fuoco, o le braci, o quando guardiamo il sole al tramonto, o quando guardiamo una lampada, ma normalmente la luce che vediamo è luce riflessa o luce diffusa. Così io vedo le persone della prima fila perché la luce delle lampade vengono riflesse o diffuse dalla loro pelle, dai loro capelli, dai loro vestiti. Ma cos'è la luce? E' un'onda elettromagnetica. Cioè un'onda che si propaga – come le onde del mare - in cui quello che oscilla non è un innalzamento della superficie del mare, ma una grandezza che si chiama campo elettrico. Il campo elettrico è una grandezza con la quale non abbiamo familiarità, non essendo essa di per sé oggetto della nostra percezione sensoriale. Un campo elettrico che oscilla mette in oscillazione le cariche elettriche, e di cariche elettriche è fatta tutta la materia. Così materia e onda elettromagnetica, o più propriamente radiazione elettromagnetica, sono sempre intimamente legate. La radiazione elettromagnetica è inevitabilmente implicata in ogni trasformazione che coinvolge la materia, ed è quindi una componente fondamentale di ciò che esiste. La luce è una piccolissima frazione della radiazione elettromagnetica che pervade lo spazio. Le onde elettromagnetiche infatti possono avere lunghezza d'onda, ovvero distanza tra un massimo di campo elettrico e quello successivo, molto diverse tra loro, e la luce corrisponde solo a poche tra queste lunghezze possibili. Si va infatti da lunghezze d'onda grandi, come nelle onde lunghe delle onde radio, che sono lunghe fino a chilometri, a onde più corte come le onde radio per la modulazione di frequenza, lunghe

metri, o le onde dei telefonini e della televisione, lunghe millimetri, e così via fino a lunghezze molto brevi, come quelle dei raggi x, la cui lunghezza d'onda è di frazioni di milionesimi di millimetro. Tra tutte queste possibili lunghezze d'onda c'è anche la luce, che corrisponde a lunghezze che vanno da 1/3 di millesimo di millimetro a 2/3 di millesimo di millimetro, le più corte essendo quelle che percepiamo come blu e le più lunghe quelle che percepiamo come rosse. A lunghezze d'onda più brevi rispetto alla luce troviamo i raggi ultravioletti, a lunghezze d'onde più grandi troviamo i raggi infrarossi. Ma noi non vediamo né gli ultravioletti, né gli infrarossi. Noi vediamo solo la radiazione che chiamiamo luce, che ha onde di lunghezza compresa tra 1/3 di millesimo di millimetro a 2/3 di millesimo di millimetro. Però, anche se non la vediamo, tutta questa radiazione elettromagnetica esiste qui, ora, in questa stanza. Potremmo immaginare di dotare alcune file di radio, sintonizzate tutte su stazioni diverse, a diversa frequenza, a partire dalle più lunghe (con qualche radio di vecchio modello), fino alle FM, e poi televisioni (su canali diversi), telefonini, radio di servizio (polizia, guardia costiera), e poi visori infrarossi, e poi anche contatori Geiger per i raggi x e gamma. E poi al via si potrebbe tutti accendere gli apparecchi, e tutti funzionerebbero, cioè riceverebbero un segnale alle varie lunghezze d'onda, perché infatti tutte queste radiazioni a tutte queste diverse lunghezze d'onda sono qui presenti. Solo che noi vediamo solo la luce e non le altre radiazioni elettromagnetiche. Perché siamo sensibili proprio alle lunghezze d'onda della luce? Per una fortunata combinazione di fattori. Innanzitutto gran parte della radiazione solare è luce, quindi c'è una gran disponibilità di radiazione visibile. Ci sono anche altre ragioni fondamentali legate ai materiali di cui siamo fatti. Noi infatti siamo fatti di acqua e molecole basate sul carbonio. E con questi materiali è possibile vedere solo la luce. Mentre risulterebbe molto difficile, con gli stessi materiali, fare un occhio per gli ultravioletti, oppure per gli infrarossi. Infatti, per fare un occhio (e in natura ci sono tanti tipi di occhio), è sempre necessario combinare da una parte materiali densi e trasparenti, per fare la lente (nel nostro caso il cristallino e la cornea) e dall'altra materiali che invece assorbono la luce, ed assorbendola si modificano, in modo da poter comunicare un segnale. Ma le molecole di cui siamo fatti non sono per niente trasparenti agli ultravioletti, e neanche agli infrarossi. Anzi, come è noto le nostre molecole, assorbendo gli ultravioletti, ne sono danneggiate. Per queste e anche per altre ragioni, pare impossibile realizzare, con le molecole di cui siamo fatti, un occhio che veda radiazioni con lunghezze d'onda diverse da quelle della luce. Quindi noi catturiamo questo piccolo frammento di luce, e lo analizziamo per capire da dove questa luce sia venuta e così ricostruire oggetti vicini e lontani, piccoli o giganteschi. Qui vorrei però fare un salto, e non parlare dell'occhio e delle immagini che forma, né della retina, cioè quella pellicina sensibile alla luce che sta sul fondo del nostro occhio e che trasforma, con un complicato ma meraviglioso meccanismo la luce in un segnale elettrico (ma nella nostra mostra queste cose sono ben descritte). Vorrei invece concentrarmi brevemente su quello che c'è dopo la retina. Perché la luce è quello che rileviamo, l'occhio è lo strumento con cui lo facciamo, ma dopo cosa c'è? E' una cosa abbastanza impressionante. Dopo l'occhio c'è il nervo ottico. E il nervo ottico è formato da circa un milione di fibre, che sono le fibre di un milione di neuroni della retina che propagano le loro informazioni al cervello. Ma cosa vuol dire "propagare le immagini al cervello"? In realtà quello che viene trasmesso dal nervo ottico non è più un'immagine. E' un flusso di impulsi elettrici. Ogni neurone può trasmettere fino a 1000 impulsi elettrici al minuto. In media, sul nervo ottico passano qualcosa come 100 milioni di impulsi al secondo. Non c'è più la radiazione elettromagnetica, non c'è più l'immagine, c'è un segnale in codice, una specie di segnale

digitale, elettronico. E dentro questo fascio di un milione di fibre, alcune mandano impulsi quando c'è luce in una data posizione della retina, altre quando c'è in un certo punto un certo colore, altre quando ci sono dei contrasti (un passaggio scuro-chiaro oppure un passaggio di colore), altre ancora quando ci sono dei movimenti. Insomma, è proprio un codice. La retina prende l'immagine e la trasforma in un codice. E il nostro cervello interpreta questo codice. Questo fatto è molto importante. Due commenti: 1) Può certamente fare un po' impressione, che l'immagine raccolta dai nostri occhi si perda, sostituita da un flusso di impulsi elettrici, perché questo fatto pare allontanarci dalla realtà: quello che noi vediamo è una interpretazione di segnali elettrici generati da una pellicina sensibile alla luce (la retina). Questa codifica vuol dire che ci perdiamo qualcosa della realtà? Beh, certamente sì, tant'è che è abbastanza semplice imbrogliare i nostri sensi, come si vede dalle illusioni ottiche, sulle quali c'è una sezione della mostra. Ma la ragione per cui questo accade è che non siamo fatti per fotocopiare la realtà, ma per capirla. Per entrare in contatto con la realtà, non serve fotocopiarla acriticamente, farle delle fotografie ad altissima risoluzione, ma capirla. La nostra retina estrae informazioni preziose dall'immagine, ad esempio evidenziando i contrasti, evidenziando di colori, evidenziando ciò che si muove rispetto a ciò che è fermo, e questo lo fa non per mettere qualcosa di arbitrario tra noi e la realtà, ma al contrario per permetterci di comprendere ciò che vediamo, per esempio distinguendo chiaramente un oggetto da un altro. Questa è la ragione per cui possiamo capire i fumetti. Avete in mente i Peanuts di Schultz, per esempio? Fumetti fatti di pochissimi tratti di penna, eppure capiamo perfettamente le scene senza alcuna fatica. Proprio perché questo è quello che facciamo sempre. Analizziamo e interpretiamo il dato visivo. Comprendere e interpretare vanno necessariamente insieme. Voglio dire che il vedere è intrinsecamente, a partire da come siamo fatti, una investigazione della realtà per capirne il senso. Non c'è prima un fotocopiare e poi un interpretare, ma il nostro vedere è intrinsecamente un interpretare. Ciò parte dalla struttura biologica della nostro senso della vista e si irradia ad ogni livello del nostro essere: il vedere è l'incontro di un oggetto con un soggetto. 2) In questa interpretazione della realtà a partire dal dato visivo c'è anche un mistero più grande. In corrispondenza alle varie lunghezze d'onda della luce noi vediamo colori diversi. Ma i colori che cosa sono? Una cosa sono le lunghezze d'onda, ovvero la distanza tra un massimo e un altro nell'oscillazione del campo elettrico, e un'altra sono i colori. Il colore non è una lunghezza d'onda, è qualcosa di diverso: è la nostra interpretazione della lunghezza d'onda, è la nostra ricostruzione della lunghezza d'onda. Ma che cos'è? Immaginiamo di costruire una macchina che sia capace di riconoscere i colori, di distinguerli e di dirne il nome. Che sappia riconoscere un arancione da un color pesca, da un ocra, da un color rosa salmone. Come facciamo noi. Non è neanche tanto difficile costruire una macchina fatta così. Ma questa macchina vede i colori? No, fa solo un'analisi della composizione in lunghezze d'onda della luce che cade sul suo rivelatore. Ma anche noi, con i nostri occhi, facciamo in un certo senso una analisi delle lunghezze d'onda della luce. Solo che ci vediamo. Come dice il premio nobel Francis Crick (+Koch), famoso per la scoperta insieme a Watson della struttura del DNA, nessuno ha ancora fornito una spiegazione plausibile di come la percezione del rosso possa nascere dall'azione del cervello. Il meccanismo della visione dei colori è fatto da un gran numero di funzioni complesse, svolte dal nostro cervello. E in effetti se guardiamo a come è fatto il cervello, troviamo una specie di macchina, fatta di scariche elettriche, di connessioni tra i neuroni, di ioni che attraversano delle membrane, di molecole che si attaccano e si staccano tra

loro. Insomma una sofisticatissima macchina, ma una macchina. Non importa quanto complicata essa sia, essa è fatta di molecole e di campi elettrici, cioè fatta di cose inanimate. Di funzioni. Ma da quando in qua le funzioni di una macchina producono un'esperienza, un mondo percettivo, una soggettività? E' pieno di macchine che svolgono funzioni, ad ogni livello di complessità: questo microfono svolge una funzione. Ma non ha alcuna percezione del suono che trasmettono. Il nostro cervello è complessissimo, più di quanto riusciamo per il momento a capire. Ma se lo guardiamo troviamo un insieme di funzioni. E queste funzioni, potrebbero benissimo sussistere senza esperienza soggettiva, senza interiorità, senza quello che tutti noi conosciamo come vita. Abbiamo intervistato, per realizzare il filmato associato alla mostra che stiamo presentando, il professor David Chalmers, un filosofo australiano che da tempo si occupa delle questioni relative alla coscienza. E lui dice chiaramente proprio questo fatto. Lui dice: perché ad un insieme di funzioni e meccanismi, ovvero i circuiti del nostro cervello, perché ad essi debba corrispondere una esperienza del vedere, ma anche del sentire, degli odori, di tutte le percezioni, questo è il mistero centrale della coscienza. Spero con questo breve racconto di aver comunicato almeno in piccola parte l'estensione dei temi affascinanti in cui noi di Euresis ci siamo imbattuti studiando questa cosa così normale ma anche così speciale che è il nostro senso della vista.

#### **MODERATORE:**

Bene, dunque prosegue la riflessione su questa facoltà che è talmente normale e talmente straordinaria. La mostra, in prima battuta, ha aiutato noi stessi e sorpreso noi nel renderci conto di questa straordinaria quotidianità che viviamo tutti. Prosegue ora l'approfondimento il professor Soave.

#### **CARLO SOAVE:**

Grazie. Io sono un biologo, quindi parlerò un pochino più di aspetti più biologici. Una volta ero un medico, poi mi sono occupato di genetica, adesso mi occupo di fotosintesi. Comunque, come biologo vi parlerò un po' di evoluzione biologica della vista. Questo è sempre stato un problema piuttosto dibattuto nell'ambito dell'evoluzione biologica, a partire già da questa frase di Darwin del 1859, che vedete sullo schermo tratta dal suo libro "L'origine delle specie per mezzo della selezione naturale". La frase, che potete leggere, è: "Supporre che l'occhio, con tutti i suoi inimitabili congegni, per l'aggiustamento del fuoco a differenti distanze, per il passaggio di diverse quantità di luce e per la correzione dell'aberrazione sferica e cromatica, possa essersi formato per selezione naturale sembra, lo ammetto francamente, del tutto assurdo."

Qual era il problema di Darwin? Il problema di Darwin, che lo portava a dire questa frase, era che nella sua teoria i passaggi evolutivi devono essere molto piccoli e il cambiamento doveva essere quasi impercettibile lungo la scala evolutiva, mentre invece, da quello che si poteva osservare, contemplando l'evoluzione biologica di vari organismi si vedevano già organi molto sviluppati, molto complessi come l'occhio. Però, facendo questa mostra, a me non ha colpito tanto il problema di Darwin che parte dalle teorie evoluzionistiche (non è lo scopo di questa mostra discutere le teorie evoluzionistiche). Quello che mi ha colpito e che mi faceva riflettere è un po' questa frase: ma cosa ci fa capire l'evoluzione della visione, se noi la confrontiamo in tutti gli organismi viventi che conosciamo? Cioè, che messaggio ci porta l'evoluzione biologica della vista, che cosa ci fa capire? Questa mi sembrava una domanda interessante, forse più dei vari meccanismi, delle teorie.

Allora, da questo punto di vista, ho cominciato a riflettere andando a guardare un po' come è la funzione della vista in vari organismi biologici. Adesso ve ne farò vedere alcuni. Qui ci sono tanti occhi: alcuni li riconoscerete subito. Questo che io sto puntando, in alto a destra, è l'occhio di un pesce (penso si possa individuare, è abbastanza facile). Questo grosso, con questa zona verde intorno, è l'occhio di una rana. Questo è l'occhio di un gufo. Questo invece è più difficile da capire: è l'occhio di un ragno. Questo è un falso occhio: avete in mente le farfalle che hanno queste macchie a forma di occhio sulle ali? Questi sono falsi occhi che servono a queste farfalle per mimetizzarsi, perché il predatore pensa che sia un altro animale grosso e non le attacca. Però ci sono anche degli occhi veramente misteriosi. Guardate questa figura, qui in alto a sinistra, oppure questa in basso, la terza da sinistra sull'ultima fila, dove c'è questa immagine verde con questo punto rosso. Qualcuno può immaginare che occhi sono questi? Molto difficile. Allora adesso passo sulla diapositiva successiva e li vedrete. Questo era l'occhio di una medusa. E quelle immagini rosse? Questo non è proprio un occhio, sono delle cellule presenti su questi tentacoli e contengono un pigmento fotosensibile: sono gli occhi della medusa. Questa è una stella marina: anche la stella marina ha degli occhi, ce li ha sulla punta delle braccia. E quell'altra figura che vedevate prima, verde con la puntina rossa, è una cellula vegetale, è un'alga monocellulare che fotosintetizza e anche lei ha un occhio, ha questo piccolo materiale accumulato che è un materiale fotosensibile che funziona da occhio.

Quindi, cosa ci dice questa cosa? Che è già molto antica la capacità di percepire la luce. È presente nelle meduse, ma, ancora prima, nelle alghe monocellulari: questi sono tra i primi organismi che si sono evoluti, queste sono delle alghe un pochino più complesse, ma anche loro sono molto antiche, e questi sono dei vegetali.

Allora, la domanda è: ma le piante ci vedono? Questa è una domanda a cui si può rispondere. Io credo che tutti voi avete fatto questa semplicissima osservazione: se si mette una pianta davanti a una finestra, cosa succede? Piega verso la luce. E qui non c'entra la fotosintesi: è proprio perché vede la luce, basta la luce delle stelle, ne basta pochissima, di luce. La pianta vede questa luce: perché? Perché contiene in tutte le sue cellule delle foglie una molecola che, colpita dalla luce, cambia forma. E' questo il punto di partenza del segnale, è come la pellicola che vede la luce che arriva e subisce una trasformazione. E questa molecola assorbe la luce nel rosso o nel rosso scuro. E' come un occhio che della luce solare vede solo il rosso e il rosso scuro. Guardate che non è molto diverso, a questo livello di analisi del meccanismo della visione, rispetto a quello che abbiamo noi nella nostra retina. Abbiamo anche noi una molecola diversa da quella delle piante (qui è il retinale) la quale, quando viene colpita dalla luce, anche lei cambia forma, e questo è il segnale di partenza. Noi, fra l'altro, di queste molecole ne abbiamo tre varianti un po' diverse, che assorbono la luce nel blu, nel giallo e un po' nell'arancione. Poi abbiamo anche i bastoncelli che vedono il bianco e il nero. Quindi, a questo livello, piante e animali si assomigliano abbastanza nel meccanismo base, perché poi, in fondo, questo è determinato dalla fisica.

Quindi, per esempio, noi possiamo vedere questi tre colori: e nelle mostra vedrete come, combinando questi tre colori, poi possiamo vedere tutta la gamma. Però, per esempio, se prendiamo un cane, un cane non ha i tre varianti, ne ha solo due: lui vede solo nel blu e nel giallo. Allora, guardate che cosa succede. Questo è quello che vede un cane: vede nel blu e nel giallo (questi sono i bastoncelli che vedono il bianco). Quindi, una figura come questa (un signore con una camicia rossa), il cane la vede così. Questa macchina che è un po' rosina, lui la vede così. I cani sono dicromatici, noi siamo tricromatici. Però, vedete,

al fondo il meccanismo è molto simile. Torniamo un momento alla pianta, perché questo già ci dà la prima indicazione importante. La domanda che uno si può fare è: che cosa se ne fa la pianta della vista? A cosa le serve? E questa è una domanda che ci porta sulla questione dell'evoluzione: perché si è evoluta questa funzione? Provate a immaginare una piantina piccolina che nasce nel sottobosco e sopra ha tutte piante grandi con queste grandi foglie. Questa piantina là sotto, che luce vede? Se ci mettessimo noi, sotto, sdraiati nel bosco con tutte le fronde sopra, cosa vedremmo? Vedremmo del verde, perché la luce del sole arriva dall'alto, sono assorbiti il blu e il rosso dalla clorofilla che c'è in queste cellule e passa sotto il verde. Noi siamo sensibili al verde e vediamo il verde. Ma la pianta non è sensibile al verde: lei ha solo un sensore che vede nel rosso e nel rosso scuro. Il rosso scuro nel sole c'è: passa sotto anche lui e la pianta vede il rosso scuro. E cosa se ne fa? Guardate: questo è quello che fa. Queste sono delle piante di pomodori che sono state allevate sempre dando di più luce rosso scura. Quando vedono una luce molto sul rosso scuro crescono alte, alte, alte. Ma perché? Perché così sfuggono dall'ombra. Il problema di questa piantina qui è quello di crescere alta, in modo da trovare la luce del sole e poter fare la fotosintesi. A questo le serve quell'occhio.

Questo è già un primo punto importante: questo modo di vedere la luce serve alla pianta, come anche alle alghe e alla medusa, per capire un qualcosa di quello che ha intorno. (Nella pianta che è nel sottobosco e quindi deve muoversi per andare a cercare la luce). Serve per avere informazione sull'ambiente; certo, una informazione molto generica: se c'è luce o non c'è luce e che colore c'è di luce, non di più. Non c'è immagine perché non c'è un occhio che può formare un'immagine. Si comincia a trovare un occhio che forma una immagine salendo un po' nella scala evolutiva. Qui c'è qualche esempio preso dai molluschi. Questa è una serie di molluschi: questa, per esempio, è una patella, questo è un conus, questo è nautilus, questo è un paguro e questo è un polpo. Anche la patella ci vede: queste sono le cellule epiteliali di questa patellina e queste piccole cellule contengono un pigmento fotosensibile. Quindi, si comporta un po' come la medusa: vede la luce o non la vede. Però guardate in questo conus (questa è una conchiglia che tutti voi avrete visto al mare). Qui già comincia a formarsi una prima infossatura, con queste cellule fotosensibili e quindi già comincia a formarsi una struttura che potrebbe cominciare a ricordare un occhio o per lo meno il fondo di una retina. Guardate però nel nautilus: qui è già molto più infossato, l'epitelio comincia a richiudersi e quindi solo un raggio di luce può penetrare e sensibilizzare la retina. Guardate adesso in questo paguro: qui addirittura si forma la lente rifrattiva, l'epitelio, la retina, quindi effettivamente questo sembra molto di più un occhio. Poi, se noi arriviamo al polipo, vedremo quanto l'occhio di polipo assomiglia al nostro.

Ma se io avessi un occhio di questo tipo, come quello del Nautilus, come vedrei una figura, una lettera A maiuscola? Si vede malissimo, però già non è più una questione solo di luce e buio, ma si incomincia già a intravedere una sagoma. E' una A molto confusa, ma se avessimo l'occhio del paguro la A la vedremmo bene. Pensate allora al polpo che ha l'iride, la cornea, il cristallino, l'umor vitreo: questo vedrebbe bene le immagini! Guardate, questo è l'occhio del polpo e questo è il nostro occhio. Vedete che in fondo a questo livello siamo molto simili: abbiamo la cornea, la pupilla con l'iride, il cristallino, l'umor vitreo, la retina e poi il nervo ottico. Dentro questa retina abbiamo tutte queste cellule fotosensibili, quelle che contengono i pigmenti, i coni e i bastoncelli, e il segnale viene inviato poi al nervo ottico. Qui c'è un esempio di come viene trasformata l'immagine che si forma sulla

retina, che è una immagine analogica, come la camera fotografica, in un impulso di tipo digitale.

Per esempio, questa è la retina: se io adesso illumino la retina con un punto luminoso, qui al centro, mi parte questa sequenza di impulsi: un treno di impulsi con una certa forma. Se io illumino la retina in un altro punto più periferico, non più al centro, ma di lato, parte un'altra sequenza di impulsi. Oppure, addirittura, qui vedete le forme degli impulsi a seconda che io illumini una parte o l'altra o l'altra ancora della retina. Questa è la conversione dell'immagine in una combinazione di treni di impulsi che è il segnale che poi arriva al cervello. Qui ci differenziamo molto dal polpo! E ci differenziamo, soprattutto, da questo punto di vista: questo è il nostro occhio, qui c'è il nervo ottico e la via del nervo ottico fondamentalmente poi si dirama in due principali vie: una via retino a tetto ottico e l'altra via che è la retino talamica, che poi va alla corteccia. E' evidente che quello che ci differenzia evolutivamente è lo sviluppo della corteccia. Questa via più bassa, quella che va al tetto ottico, è quella filogeneticamente più antica, più arcaica.

Man mano che si avanza nell'evoluzione, quello che cresce enormemente è la via che va alla corteccia, anche perché c'è questo grande sviluppo della corteccia. Guardate qui: questo è il cervello di un ratto, questo di un gatto, questo è un cervello umano! Vedete l'enorme sviluppo della corteccia che noi abbiamo rispetto a un animale come il gatto e il ratto. Tuttavia, le due vie coesistono, ma cambia moltissimo lo sviluppo della via che va alla corteccia (pensate che solo nella corteccia cerebrale noi abbiamo circa 30 aree cerebrali che sono coinvolte nella esperienza visiva). Qui c'è una proiezione: questo è il nervo ottico, questa è la via più recente, quella filogeneticamente recente, quindi come la nostra, che arriva fino a tutta la corteccia occipitale con le varie zone, le varie aree cerebrali coinvolte nella vista.

Ora, quello che noi potremmo chiederci è: un ratto, che prevalentemente ha solo la via più antica, quella che va al tetto ottico, cosa vede? Certo che è difficile chiedere a un ratto: "Scusa, raccontami cosa stai vedendo!". Però si può avere un'indicazione di quello a cui serve questa via più antica da pazienti magari umani, che hanno avuto una lesione, a causa di traumi o altro nella via più recente. Per esempio, ci sono dei casi ben descritti di un paziente che ha avuto una lesione nella via corticale dell'emisfero destro e quindi non vede il campo visivo sinistro, perché ha questa lesione nella via corticaria recente, però ha quella antica ancora funzionante: allora si può chiedere cosa vede. Per esempio, c'è un caso tipico, in cui il medico presenta a questo paziente un punto luminoso posto nell'emisfero visivo sinistro e quindi è quello che lui non vede. E il medico chiede al paziente: "Cosa vedi?". E lui risponde: "Non vedo nulla". Allora il medico dice: "Cerca di prendere quello che ti sto facendo vedere". E il paziente risponde: "Come faccio a prenderlo se non lo vedo?". E il medico gli dice: "Ma prova lo stesso!". Il paziente allora allunga la mano e nel 99 per cento dei casi prende il punto. Quindi, che cosa vuol dire? Che con questa via antica si vede, ma cosa manca? Manca la consapevolezza di vedere. E' una visione cieca! Si vede, ma non si ha la consapevolezza di quello che si vede. Tutti i paragoni sono sempre un po' imprecisi, però è come quando noi guidiamo in macchina: noi guidiamo in modo automatico, parliamo con Mario Gargantini in maniera molto serrata e intanto facciamo la curva, se viene il semaforo rosso ci fermiamo, andiamo assolutamente in automatico. Vediamo in un modo un po' cieco, senza averne una piena consapevolezza. Certo che se passa un bambino davanti subito innestiamo la visione cosciente (tanto per fare un esempio). Oppure si può fare l'esempio opposto: ma cosa si vede con la visione corticale, quella in noi così sviluppata? Provate a immaginare: con la



visione corticale possiamo vedere a occhi chiusi, con gli occhi della mente, possiamo immaginare dove eravamo stamattina, anche i luoghi, possiamo vedere con gli occhi della mente, cioè senza usare l'occhio organico. Questa è una nuova acquisizione: cioè, man mano che l'evoluzione aumenta, si passa da una visione di luce-buio, poi si comincia a formare un'immagine, poi c'è un'immagine che si precisa e che permette di reagire (la via antica permette di vedere con la visione cieca), e infine c'è la visione consapevole, quella corticale. E quella corticale è la visione che ci interroga, ci chiede: "Che cosa sto vedendo?". Non solo ci dà informazioni sul mondo esterno, ma ci chiede anche: "Che cosa sto vedendo? Che senso ha quello che vedo, che senso ha quella realtà?".

Questo mi sembra il messaggio che alla fine viene fuori guardando a grandissime linee l'evoluzione della vista: da una cosa molto semplice (luce-buio), alla consapevolezza, alla coscienza di ciò che c'è intorno e del significato e del senso delle cose. Questo mi sembra il messaggio che io ho tirato fuori riflettendo su questi aspetti in occasione di questa mostra. L'evoluzione in fondo è un percorso, è una strada e quindi, come tutte le strade, come tutti i percorsi, la domanda vera di un percorso è: dove va a finire, qual è il punto di arrivo? Tutti noi quando partiamo per un viaggio ci chiediamo dove andremo a finire. Ecco, questa è la cosa su cui riflettere. Qual è il messaggio che ci porta questa evoluzione? Qual è il punto di arrivo di questa strada, almeno il punto, per il momento? Il punto per il momento è la coscienza di quello che c'è intorno a noi e la domanda di significato di quello che c'è intorno a noi. Noi abbiamo l'esigenza di comprendere quello che c'è intorno a noi. Da questo punto di vista è indubbio che nulla ci può essere nell'intelletto se non c'è la sensazione del vedere (questa è una frase che troverete nella mostra di San Tommaso), però è altrettanto vero che per avere una percezione autentica del reale, di quello che è, ci vuole una consapevolezza, una coscienza. Questo mi sembra il messaggio importante che viene fuori da questa evoluzione biologica della vista. Grazie.

### **MODERATORE:**

Grazie. Allora, da questi due interventi avrete percepito come la posta in gioco di questa mostra è ben di più della semplice descrizione, se pur in se stessa interessante, di un processo come il processo visivo. La posta in gioco tocca il livello dell'interrogativo sull'io, sull'io consapevole, su quello che siamo noi nel profondo. E io aggiungo a questi interventi, che già dovrebbero aver invogliato a visitare la mostra, un breve assaggio di come è strutturata la mostra stessa.

E' strutturata secondo otto spazi espositivi, che qui sintetizzo. Il primo parla proprio della stupefacente natura della luce, cui prima accennava il professor Bellini, delle possibili sorgenti naturali e artificiali, la sua natura corpuscolare ondulatoria, intrigante per certi aspetti ma comunque preziosa, come tutti gli aspetti della natura che via via indaghiamo, preziosa, proprio, anche per la nostra stessa esperienza del vedere. Grazie a questa natura noi possiamo vedere lo spettacolo dei colori, con la loro straordinaria gamma prima indicata, e possiamo avere la possibilità di rivellarli anche con semplici esperimenti; nella mostra avrete la possibilità, quest'anno più ancora di quanto si è fatto negli anni precedenti, di avere realizzazioni interattive, exhibit, simulazioni dove proprio fare direttamente esperienza, non soltanto leggere o sentire delle descrizioni, ma iniziare a rendervi conto del tipo di possibilità che la natura straordinaria della luce ci mette a disposizione.

Quindi, la prima parte è il livello proprio fisico di tutto il fenomeno. Poi si arriva alla descrizione dell'architettura dell'occhio (accennato prima in qualche modo sia nell'uno che

nell'altro intervento), un capolavoro della tecnologia, dell'evoluzione. Quindi l'occhio umano, con tutti gli optional di serie già a posto, già pronti, forniti alla consegna, alcuni poi che si perfezionano, molto più, come a volte si fa per un paragone con una semplice fotocamera o videocamera, quindi un organismo che già al suo primo livello descrittivo rivela tutta l'ampiezza di possibilità cui poi si arriverà procedendo nell'indagine. La terza stanza è relativa alla retina, quindi all'attività *hi-tech* di questo sofisticato sensore digitale, che ha una sua struttura che è stata rivelata anche non tanto tempo fa. Da un secolo si conosce la forma dei neuroni principali, ma tutti i meccanismi complessi che lì si originano e che poi procedono nel seguito del percorso dei segnali sono ancora oggetto di studio. Ma è interessante questo aspetto della retina proprio come avamposto del cervello (come forse ha intuito involontariamente, come sempre, Leonardo nei suoi disegni, facendo vedere questa parte sporgente), che vuole quasi affacciarsi sul mondo come se - uso questa analogia - il desiderio di incontrare la realtà, il desiderio di conoscenza, il desiderio di vedere, di entrare in rapporto con la realtà spingesse anche il livello fisico della nostra evoluzione. E lì già inizia quella elaborazione, quel lavoro di codifica e decodifica di cui si diceva. Anche questo è interessante, non è soltanto un punto di passaggio dove viene raccolta una rappresentazione della realtà che poi passare agli stadi superiori per l'elaborazione; inizia l'elaborazione, inizia l'attività, non è passivo.

Fin dai primi momenti, dalle prime fasi dell'esperienza del processo della visione, c'è un'attività, c'è un io in azione. L'altra stanza, la successiva, è dedicata allo spettacolo dei colori, quindi alla percezione dei colori, al risultato della combinazione degli impulsi raccolti da tre tipi di recettori sensibili ai tre colori primari, con le due forme additiva e sottrattiva. Qui ci sarà una stanza con la possibilità, offerta da alcuni nostri amici che lavorano direttamente nel settore, di avere delle rappresentazioni dal vivo molto efficaci. Aiuta alla comprensione di questo aspetto che ritroviamo nelle due forme della sintesi additiva e di quella sottrattiva: da un lato, per esempio, nella stessa visione o anche nei mosaici, e dall'altra parte nelle splendide vetrate, pensate a quelle delle cattedrali gotiche. La percezione dei colori su cui sarà possibile direttamente mettere mano e fare delle sperimentazioni visitando la mostra.

E poi, allora, lo spazio di quello che è stato indicato come il cervello interprete, che continuamente fa questo lavoro di interpretazione. Questo meccanismo complesso e raffinato, questo percorso differenziato che prende inizialmente, sembra, la cosa dispersa, sembra prendere strade molto differenziate, come si è scoperto da una trentina d'anni a questa parte, che però dopo si ricongiungono in una esperienza unitaria della visione che noi facciamo. Quindi, una continua interpretazione tesa alla verità e al senso di ciò che si vede, un lavoro dove si gioca tutta la persona, dove la persona gioca tutta la sua identità, la sua storia, la sua esperienza, rischiando, appunto, di farsi illudere, come abbiamo visto. Le illusioni hanno un valore, non sono da intendersi come limitative o riduttive delle possibilità, ma come un modo per cogliere meglio alcuni aspetti, cogliere meglio aspetti dove, senza di esse, non si coglierebbe cosa è la realtà.

La stanza degli effetti speciali mostra alcune caratteristiche specifiche dell'occhio, sempre in questa linea degli aspetti originali, che possono sembrare sorprendenti, a volte diversi dalla nostra prima interpretazione immediata, che consentono per esempio di vedere i particolari non isolati ma nel loro contesto: il fatto che la nostra non sia una visione puntuale ma sia una visione che sempre ha presente cosa c'è intorno, ha presente un po' il tutto sullo sfondo. Allora, questo però dà origine a questi giochi, se vogliamo, a queste

illusioni ottiche, ma è quella che ci permette di percepire meglio e di non avere una visione selettiva che provocherebbe anche delle difficoltà.

O ancora, quel fatto sorprendente che, ogni quattro secondi, chiudiamo l'occhio, e quindi non vediamo: come mai non vediamo a intermittenza? Come mai non vediamo il buio ogni quattro secondi? Anche qui c'è tutto un meccanismo per la cui spiegazione vi rinvio alla mostra, ma il cervello si sconnette per un istante e tiene in una riserva di memoria l'immagine per poter avere una continuità e quindi impedisce che noi registriamo quello che fisicamente registreremmo, perché per un momento dovrebbe esserci il buio. Infine, una parte della mostra, non è proprio una stanza ma è una parte che percorre alcune delle stanze, è dedicata all'incontro con altre dimensioni della conoscenza, perché è tipico anche dell'esperienza delle nostre mostre, soprattutto negli ultimi anni, questo allargamento della nostra conoscenza scientifica a dialogare, a interfacciarsi con altri livelli di rapporto con la realtà.

Allora è inevitabile, parlando del vedere, parlando della visione, pensare all'arte. L'artista, come lo scienziato, è colui che fa un uso massiccio del vedere, che deve sforzare l'occhio per cogliere meglio la realtà, per rappresentarla, per darci una rappresentazione della sua visione. Allora l'abbiamo letto così: l'occhio dell'artista che ci aiuta a vedere, utilizza colori, forme, dimensioni in modi diversi, a seconda dell'epoca, a seconda dei contesti, a seconda del clima culturale, per legare l'immagine percepita alla storia e all'identità del soggetto che guarda. E così abbiamo nelle varie fasi, non necessariamente cronologiche, però in parte anche cronologiche, sottolineature diverse che in momenti diversi l'occhio dell'artista, l'occhio del pittore o la creatività dell'architetto ha messo in evidenza e ha aiutato tutti a vedere, a cogliere.

Pensate alla prospettiva, alla differenza tra la visione prospettica e la visione piatta che c'era in precedenza o all'uso della luce in architettura, a volte anche addirittura esasperato nell'epoca moderna con tutto trasparente come se la trasparenza fosse l'ideale massimo. Questo allora è un contrappunto che nella mostra c'è per allargare ulteriormente questa nostra capacità di comprendere, questa esperienza della visione che in sé, abbiamo visto fin dall'inizio, ha questa dilatazione, ha questo continuo richiamo al soggetto, all'io, alla persona che vede in un tutt'uno, in un'esperienza unica, e che in questo vedere è mossa continuamente, fin dall'inizio dal desiderio di incontrare la realtà nella sua verità e nella sua bellezza.

Così, ci ricollegiamo anche al tema generale del Meeting. Ci è sembrato significativo e sintetico di questa posizione un brano di Romano Guardini che adesso leggiamo insieme a mo' di conclusione e invitandovi a guardare la mostra, di cui poi vi do qualche dettaglio tecnico. Guardini dice: "Vedere è incontrare la realtà. L'occhio è semplicemente l'uomo nella misura in cui egli può essere toccato dalla realtà - quindi un contatto, un rapporto - nelle forme di questa ordinate alla luce. Nel suo vedere l'uomo vive, altrettanto come nel suo ascoltare, parlare, agire, e tutti i problemi della sua vita ritornano nuovamente nel suo vedere - è una continua interazione, è un'unità che si esprime - non si può costruire cosa alcuna del vedere senza prendere in considerazione l'esistenza - l'esistenza viva - dell'uomo. Le radici dell'occhio giacciono nel cuore - in quello che è l'identità, il nucleo centrale del soggetto - ultimamente l'occhio vede a partire dal cuore". Questo ci è sembrato significativo, a suggello del cammino proposto nella mostra.

Mostra quindi che vi invito a visitare. La visita, per come è costruita, con questa abbondanza di effetti e di meccanismi da mettere in atto, dev'essere fatta per forza a gruppi di una quarantina di persone. E' necessaria una prenotazione per rendere ordinato

il flusso della visita e per renderlo efficace, fruttuoso e gustoso. Poi, naturalmente, si può approfondire, dopo la visita, il discorso in un catalogo che non riporta semplicemente i pannelli della mostra, ma ha una serie di contenuti di approfondimento, e più in là anche, all'interno di una sezione speciale del nuovo sito di Euresis che si sta inaugurando in questi giorni, che vi invitiamo a visitare per continuare sia il lavoro della mostra che il rapporto con questo tipo di esperienza che l'ha generata. Grazie.