

1) **Dare una descrizione del concetto di visione stereoscopica ed elencare i principali metodi di visualizzazione stereoscopica evidenziando pro e contro di ognuno.**

La stereoscopia è una tecnica di realizzazione e visione di immagini, disegni, fotografie e filmati, atta a trasmettere una illusione di tridimensionalità analoga a quella generata dal sistema visivo umano. L'idea che sta alla base della visione stereoscopica è quella di avere due immagini, prese da angolazioni differenti, che vengono presentate separatamente ai due occhi in modo che ogni occhio veda solo l'immagine di competenza, quindi il cervello attua un processo di fusione delle due immagini che dà all'osservatore una illusione di tridimensionalità. (L'idea di stereoscopia così descritta, funziona grazie ai meccanismi, della visione umana, di accomodazione e convergenza)

Si fa distinzione tra: **STEREOSCOPIA PASSIVA** e **STEREOSCOPIA ATTIVA**.

Nella **stereoscopia passiva** due immagini vengono proiettate **contemporaneamente** sullo stesso schermo, l'osservatore indossa degli occhiali in modo che su ciascuna lente venga impressa solo l'immagine che compete a quell'occhio. A seconda del tipo di stereoscopia passiva gli occhiali possono essere diversi. Si distinguono tecniche:

- **Anaglifo** è un'immagine speciale ottenuta per sovrapposizione di due fotogrammi di uno stereogramma che subiscono un processo di colorazione distinto. Si usa il rosso per l'immagine sinistra e il ciano per l'immagine destra.
 - *Vantaggi:*
 - Estremamente economica,
 - Facilmente fruibile.
 - *Svantaggi:*
 - La predominanza di rosso/ciano impatta sulla resa cromatica dell'immagine.
- **Polarizzazione della luce** utilizza un doppio proiettore le cui lenti sono dotate di filtri polarizzatori, orientati ortogonalmente uno rispetto all'altro, così da proiettare due immagini polarizzate in modo differente. Lo spettatore viene dotato di un paio di occhiali con due lenti polarizzate, in modo tale che ogni occhio visualizzi solamente l'immagine ad esso destinata.
 - *Vantaggi:*
 - Non sono richieste costose schede grafiche,
 - Costi contenuti per l'hardware di proiezione
 - *Svantaggi:*
 - Può essere usato solo in ambienti in cui sono richiesti pochi movimenti della testa (cinema),
 - Lo schermo di proiezione deve essere di uno speciale materiale polarizzante
- **Gamma di colore** viene impiegata una ruota di colori alternati integrata nel proiettore. Questa ruota di colori contiene un set di filtri rossi, verdi e blu in più rispetto a una ruota tipica, questo set supplementare è in grado di trasmettere la luce a lunghezze d'onda diverse. Le lenti degli occhiali filtrano alternativamente l'uno o l'altro set di filtri trasmettendo a ciascun occhio l'immagine giusta.
 - *Vantaggi:*
 - Scarsi fenomeni di ghosting
 - Indipendenza dalla rotazione della testa
 - Migliore separazione delle immagini
 - Qualsiasi superficie può fungere da schermo
 - *Svantaggi:*
 - Costi molto elevati
 - Le immagini subiscono un'alterazione cromatica che va corretta via software.

Nella **stereoscopia attiva** le due immagini vengono proiettate in maniera **alternata** su un medesimo schermo.

Degli occhiali speciali detti shutter glasses, sincronizzati con il proiettore, oscurano in maniera alternata le lenti cosicché ciascuna immagine sia indirizzata all'occhio di competenza. Il cervello elabora i flussi video catturati dai due occhi e riproduce il senso della tridimensionalità.

- *Vantaggi:*
 - Effetto stereoscopico molto realistico
 - Sfarfallii ed effetti di sdoppiamento quasi del tutto assenti

- Svantaggi
 - Proiettore molto costoso
 - Gli occhiali sono spesso molto delicati
 - Non adatto ad un elevato numero di osservatori in quanto tutti dovrebbero ricadere nell'area di copertura di sincronizzazione proiettore/occhiali

2) Dare una definizione di “Interazione Aptica” e descrivere i 2 livelli attraverso i quali il senso del tatto fornisce informazioni.

L'aptica è la scienza che studia il senso del tatto e delle interazioni con l'ambiente tramite il tatto.

Interazione Aptica è:

- Simmetrica
- Bidirezionale

Tutto ciò significa che il flusso di informazioni e l'energia partono e ritornano all'utente.

Il tatto è il senso che fornisce più informazioni al cervello umano, attraverso due livelli (o canali):

- Il **livello cinestetico** si riferisce al senso di posizione e movimento di parti del corpo in associazione alle forze esercitate da un oggetto. In questo livello le informazioni sono prodotte dai recettori localizzati nei muscoli e nei tendini degli arti. Quindi l'interazione a questo livello simula la forza impiegata per compiere azioni che si rifanno al mondo reale, ad esempio lo spostamento di un oggetto.
- Il **livello tattile** è relativo alla cute e permette di ottenere informazioni sul tipo di contatto e sulle proprietà fisiche degli oggetti. In questo livello le informazioni sono prodotte dai recettori localizzati sulla pelle. Quindi con il livello tattile riusciamo a percepire alcune caratteristiche dei materiali come temperatura e texture.

Per quanto riguarda i dispositivi per l'interazione aptica, i più utilizzati e diffusi sono quelli che si riferiscono al livello cinestetico.

Le informazioni aptiche possono essere definite come l'unione delle informazioni tattili e le informazioni cinestetiche.

3) Dare una definizione di “Interazione Aptica” e fornire una classificazione generale dei Sistemi Aptici.

L'aptica è la scienza che studia il senso del tatto e le sue interazioni con l'ambiente. O anche, lo studio sull'acquisizione di informazioni tramite il tatto.

Si stabilisce una sorta di canale bidirezionale che permette di avere informazioni riguardanti forma, dimensione, texture, temperatura, ecc... di un oggetto. L'interazione è simmetrica, quindi tutte le informazioni e l'energia che partono, poi ritornano all'utente come feedback.

Il tatto è un senso che fornisce un elevato numero di sensi al cervello (più sensibile, per esempio, della vista). Esistono due livelli di informazioni:

- Livello cinestetico: fornisce informazioni su posizione e movimento degli arti, per esempio quando stiamo afferrando un oggetto. Queste informazioni sono prodotte da recettori localizzati nei muscoli e nei tendini;
- Livello tattile: fornisce informazioni sul tipo di contatto e di proprietà fisiche degli oggetti. Queste informazioni vengono prodotte dai recettori localizzati sulla pelle.

Classificazione Generale Sistemi Aptici

- Cinestetici (tra i più diffusi)
 - Finger-based
 - Point-based
 - Hand-based
 - Exoskeleton
- Tattili
 - Dispositivi termici
 - Dispositivi vibrotattili
- Aptici (Tattili + Cinestetici)
 - Matrix display
 - Dispositivi basati su sensori non convenzionali (magnetorheological fluid)

4) Dare una descrizione del concetto di “Interfaccia Aptica”

Le interfacce aptiche sono dispositivi che riproducono informazioni sensoriali tattili (tactile feedback) e/o cinestetiche (force feedback). Servono ad orientare l'utente sulla posizione e sulla natura degli oggetti nello spazio virtuale. Spesso si parla di interfacce multimodali perché da sole, le interfacce aptiche, hanno poco senso. Devono essere abbinate almeno con interfacce visive. Studi confermano che i sensi si influenzano tra di loro.

COMPOSIZIONE - Le interfacce aptiche sono dispositivi elettromeccanici il cui end-effector è, da un lato collegato all'arto dell'utente (tramite un guanto con dei sensori), e dall'altro è collegato a un sistema di attuatori. I movimenti della mano vengono rilevati dai sensori sul braccio meccanico (oppure da un sistema di tracking) e comunicati. Le forze di feedback vengono applicate dagli attuatori, basandosi sul contesto nella scena virtuale.

COMPONENTI HW - I sensori, che restituiscono sensazioni di forza, sono meccanici o magnetici. Gli attuatori, che applicano la forza, sono motori elettrici, pneumatici o idraulici (per grandi forze), o piezoelettrici (per forze molto piccole).

DUE TIPI - Esistono due tipi di interfacce aptiche.

- Interfaccia ad impedenza: simula l'impedenza meccanica generando una forza basandosi sulle misurazioni di posizione e velocità del nostro arto. Per esempio, l'arto sentirà della resistenza nel trascinamento di un oggetto proporzionale alla sua massa.
- Interfaccia ad ammettenza: simula l'ammettenza meccanica (inverso dell'impedenza), cioè la resistenza che percepiamo quando vogliamo raggiungere una posizione o una velocità. Sono meno diffuse.

CATEGORIE - Esistono due tipi di categorie di interfacce aptiche.

- Interfacce desktop (o fisse): posizionate in una base, e utilizzabili ovunque ma entro i limiti di lunghezza del dispositivo.
- Interfacce mobili: hanno molti più gradi di libertà, e lavorano in una workspace molto più ampia. Quando sono indossabili si parla di Wearable HI.

PARAMETRI DI QUALITÀ:

- Numero di gradi di libertà, cioè la possibilità di misurare con precisione:
 - movimenti lineari (1 grado);
 - movimenti spaziali (3 gradi);
 - posizione e rotazione (x, y, z + yaw, pitch, roll = 6 gradi);
 - ...
- Dimensione dell'interfaccia: più è grande più è complicata da indossare.
- Trasparenza di HI: durante l'uso dell'interfaccia, questa dovrebbe far percepire solamente stimoli generati da collisioni con oggetti virtuali. Il peso dell'interfaccia, per esempio, non deve essere percepito dall'utente.

5) Dare una descrizione del concetto di “Rendering Aptico” e delle problematiche associate.

Il Rendering Aptico permettere all'utente di toccare, sentire e manipolare oggetti virtuali mediante una HI
Con Rendering Aptico si intende

- operazione con la quale si forniscono forze all'utente a partire dalla sua interazione con l'ambiente virtuale.
- gestione del refresh dell'informazione aptica trasmessa all'utente (Finalità HR)

Esistono però varie problematiche riguardanti il Rendering Aptico in quanto la sensazione Aptica è difficile da riprodurre in maniera convincente perché il senso del tatto è molto sensibile. Il tatto richiede che una sensazione sia aggiornata 1000 volte in un secondo o più per ottenere un'esperienza tattile convincente. (Una scena 3D ha bisogno di essere aggiornata 25/30 volte al secondo (25/30Hz) per essere visualizzata correttamente).

6) Dare una definizione di “Realtà Aumentata” e del concetto di co-registrazione tra reale e virtuale

Per realtà aumentata si intende l'arricchimento della percezione sensoriale umana mediante informazioni, in genere manipolate e convogliate elettronicamente, che non sarebbero percepibili con i cinque sensi.

Più nel dettaglio la realtà aumentata:

- Mette insieme oggetti reali e virtuali in un ambiente reale;
- Crea un allineamento tra oggetti virtuali con quelli reali;
- E' interattiva, in tre dimensioni e opera in tempo reale;

Perché il paradigma operativo della AR funzioni, è necessario che immagini reali e contenuti virtuali siano co-registrati tra loro, quindi bisogna far sì che la realtà che stiamo visualizzando e gli oggetti virtuali d'interesse siano sincronizzati tra loro. Una delle maggiori difficoltà nelle applicazioni di AR è, appunto, il calcolo in real-time del punto di vista dell'utente. Questo risultato si raggiunge grazie ad un buon tracciamento dei movimenti dell'utente, quindi attraverso l'utilizzo di sistemi di Motion Tracking.

7) Fornire una classificazione dei sistemi di tracking

Il motion tracking serve per tracciare i movimenti degli oggetti. Vengono utilizzati dispositivi appositi che comunicano i dati sugli spostamenti ad un'applicazione. L'applicazione penserà a processare i dati in futuro. I dispositivi di motion tracking 3D possono essere classificati in base alla tecnologia usata per la misurazione: *Meccanici, Elettromagnetici, Ottici, Acustici e Inerziali*.

Nello specifico:

Meccanici sono sistemi che utilizzano potenziometri o encoder ottici per misurare la rotazione dei perni di vincolo delle aste di collegamento, è così possibile calcolare con facilità la posizione dell'oggetto tracciato

- Vantaggi:
 - Semplicità costruttiva
 - Assenza di trasmissione/ricezione
 - costi contenuti
 - latenza contenuta
 - Meno sensibili ad interferenze rispetto ad altri sistemi
- Svantaggi:
 - Volume di lavoro piccolo
 - Utente vincolato nei movimenti

Elettromagnetici sono costituiti da un trasmettitore e da un ricevitore. Il trasmettitore genera un campo magnetico fluttuante mediante tre spire tra loro ortogonali, che è rilevato da tre simili spire nel ricevitore. La variazione del segnale è tradotta in una variazione di posizione e di orientazione a 6 DOF.

- Vantaggi:
 - Dispositivi piccoli e comodi
 - Possibilità di estendere l'area di lavoro combinando più dispositivi
- Svantaggi:

- Sensibile ad interferenze elettromagnetiche
- Alta latenza

Ottici sono caratterizzati da un'elevata accuratezza, complessità e costo. Il sistema è costituito da sorgenti luminose disposte sull'oggetto da tracciare e da telecamere che ne rilevano la posizione.

- Vantaggi:
 - Aree di lavoro molto grandi
 - Precisione altissima
- Svantaggi:
 - Deve essere mantenuta la continuità del cammino ottico tra proiettore e sensore

Acustici un emettitore genera un segnale sonoro e un microfono lo raccoglie misurando il tempo impiegato dal suono per percorrere il cammino. Un elaboratore raccoglie i dati di più dispositivi e calcola la posizione e l'orientamento.

- Vantaggi:
 - Economici
 - Facile reperibilità
- Svantaggi:
 - La velocità del suono varia in base a diverse condizioni di pressione, temperatura e umidità dell'aria. Quindi risultano poco precisi

Inerziali questo tipo di tecnologia utilizza i giroscopi per misurare cambiamenti di rotazione attorno a uno o più assi.

- Vantaggi:
 - Non sono necessari dispositivi di trasmissione/ricezione
- Svantaggi:
 - Costo alto
 - Sensibilità alla temperatura

8) Uno degli approcci utilizzati nella Realtà Aumentata è il cosiddetto “image based”. Spiegare la differenza e i punti di forza e debolezza tra l'approccio marker based e l'approccio markerless.

è molto difficile individuare sistemi di tracciamento che siano molto affidabili e al contempo offrano elevate performance. Il tracciamento deve essere altamente preciso altrimenti accade facilmente che gli oggetti virtuali risultano disallineati rispetto alla scena reale. Dal momento che il sistema di tracking rileva il punto osservato dell'utente, se questo risulta poco preciso o se vi sono disturbi sul tracciamento, l'aumentazione viene pregiudicata.

Con l'approccio “image based” cambia radicalmente il concetto di tracking dell'utente. Il tracciamento non è più legato all'intercettazione dei segnali trasmittente/ricevente bensì sul riconoscimento di speciali figure detti marker. Da essi si ricava un punto di riferimento, per la scena inquadrata, sulla base del quale inserire i contenuti aumentanti. Il più grande vantaggio di una soluzione simile è il costo praticamente nullo della stampa dei marker su carta e quello di una camera per l'acquisizione della scena osservata.

ARToolkit è una libreria open-source scritta in C/C++ orientata proprio allo sviluppo di applicazione di realtà aumentata marker-based. I marker sono delle speciali figure che ARToolkit intercetta e traccia all'interno di un flusso video proveniente da una camera.

L'approccio **marker based**;

- Un marker è una figura speciale stampata su carta e riconosciuta dal software utilizzato.
- Attraverso il marker il software riesce ad orientarsi all'interno della scena.
- Il marker viene inquadrato tramite una fotocamera.

- Il vantaggio è che non richiede costi alti, infatti risulta molto economico.
- Gli svantaggi sono
 - il marker deve essere obbligatoriamente presente sull'oggetto fisico o in vicinanza, ma questo a volte non è possibile.
 - il tracciamento è possibile fintanto che il marker risulta inquadrato dalla camera. Per questa ragione è richiesto che la focale della camera sia ampia.
 - il flusso video della camera deve essere privo di noise perché questo ha un notevole impatto sulla detection dei marker.
 - la frequenza di campionamento della camera deve essere elevata. Almeno 30 fps sono richiesti per un tracciamento privo di interruzioni percepibili.

Alcune limitazioni sono superabili attraverso l'approccio **multimarker**;

- In questo caso la detection non dipende unicamente da un marker bensì da una costellazione di questi ultimi, di cui sono noti gli spiazamenti degli uni rispetto agli altri.
- vantaggi
 - Contando sulla presenza di più marker, il sistema è in grado di assicurare un più fedele tracciamento in quanto con maggiore probabilità uno o più marker della costellazione verranno inquadrati dalla camera.
 - Per giunta se il sistema commette un errore di detection su un marker (ombre, occlusioni, noise, ecc) la presenza di altri marker può compensare l'errore, aumentando di gran lunga la precisione del tracciamento.
- Restano come svantaggi quelli definiti per l'utilizzo di un singolo marker.

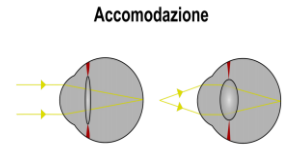
Ci sono circostanze in cui la presenza di un marker potrebbe creare problemi. Negli ultimi anni sembra essere sempre più confermata l'efficienza delle soluzioni **markerless**. L'impatto che una soluzione markerless ha sull'ambiente di lavoro è praticamente nullo sebbene il riconoscimento degli oggetti diventa molto più complicato. Il tracking markerless si divide in 2 modalità:

- Il tracking model based:
 - Il sistema di tracking conosce l'ambiente o l'oggetto da tracciare tramite modello tridimensionale, descrizione del contorno, proiezioni bidimensionali, etc.
 - Rapido in presenza di oggetti di cui il modello è noto
 - Permette l'interazione tra oggetti reali e virtuali
 - Nel caso di modello della scena, suppone che essa sia statica
 - Risulta più efficiente su desktop
 - La necessità di conoscere a priori la struttura degli oggetti ne limita l'utilizzo ad ambienti controllati
- Il tracking feature based:
 - Richiede una fase di feature extraction, ovvero di individuazione delle caratteristiche salienti degli oggetti presenti in un frame
 - Computazionalmente leggero. Il sistema è focalizzato sui punti rappresentanti caratteristiche. Il tracking diventa principalmente matching delle caratteristiche

9) Accomodazione e convergenza sono 2 meccanismi che permettono la visione stereoscopica. Descrivere come funzionano e le relazioni reciproche.

Accomodazione e convergenza vengono usate durante la fase di messa a fuoco di un oggetto.

- **Accomodazione** L'accomodazione è il meccanismo autonomo dell'apparato visivo, attuato attraverso l'aumento della curvatura della superficie anteriore del cristallino tramite il muscolo ciliare, che permette di creare sulla retina immagini a fuoco di oggetti posti a distanza inferiore rispetto al punto remoto o infinito nella visione emmetrope. La lunghezza focale degli occhi si adegua tentando di focalizzare i punti nella scena. Basato sul cambiamento dello spessore del cristallino causato dalla tensione e rilassamento dei muscoli ciliari.
- **Convergenza**, è un meccanismo che permette di cambiare l'angolazione degli occhi in modo da convergere in un punto per oggetti vicini e di essere quasi paralleli per oggetti lontani durante la messa a fuoco di un oggetto.



Di solito lavorano in congiunzione tra loro. Questa corrispondenza non è determinata fisiologicamente, ma il tutto è dettato dall'esperienza.

10) Descrivere il concetto di “modello di colore” e le relazioni tra i vari modelli di colore conosciuti.

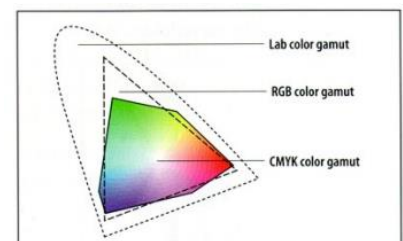
Un modello di colore è un modello matematico astratto che permette di rappresentare i colori in forma numerica, tipicamente utilizzando tre o quattro valori o componenti cromatiche. Un modello di colore permette di associare ad un vettore numerico un elemento in uno spazio dei colori.

Esistono diversi tipi di modelli di colori:

- Il modello di colore RGB è utilizzato per realizzare dispositivi di proiezione quali monitors, TV e nell'elaborazione di immagini. Viene utilizzato anche per immagini satellitari. Additivo: Si aggiunge luce (RGB) al nero
- Il modello di colore CMYK è utilizzato per realizzare dispositivi di stampa. Sottrattivo: Si sottrae luce (CMYK) al bianco
- Il modello di colore HSB (HSV) è utilizzato nell'Elaborazione di Immagini. Combinazione di Hue (Tonalità), Saturazione (Saturation), Luminosità (Brightness).
- Il modello di colore YUV (Y'UV) è utilizzato nelle trasmissioni TV (NTSC e PAL) e nell'elaborazione di immagini. Sfrutta la maggiore sensibilità dell'occhio umano alla luminanza (immagini a livelli di grigio).

Il gamut è l'insieme dei colori che possono essere realizzati dalla combinazione di tre primari di uno spazio di colore.

- Il modello Lab (L = Luminosità, a = asse verde-rosso, b = asse blu-giallo) copre tutti i colori nello spettro visibile.
- Il gamut RGB è minore del LAB, quindi alcuni colori (giallo puro, ciano puro) non possono essere visibili sul monitor.
- IL gamut CMYK è il più piccolo (ma non è un semplice sottoinsieme del gamut RGB)



LAB > RGB > CMYK

11) Definire il concetto di Scripting in Unity3D

Unity usa un'implementazione dello standard Mono runtime per lo scripting. Gli oggetti possono essere gestiti tramite script. Uno script è un frammento di codice che realizza una funzionalità la quale permette di estendere le capacità di Unity. Vengono usate le normali tecniche di programmazione C# ed alcune specifiche per Unity. Gli script vengono usati per gestire gli input dell'utente, manipolare gli oggetti nella scena, individuare collisioni, creare nuovi oggetti.

12) Definire le tecniche di visualizzazione per la realtà aumentata.

- **visori video see-through:** sono i più vicini alla realtà virtuale in quanto usano due telecamere, una per ciascun occhio, con le quali acquisiscono l'immagine reale che viene poi fusa con quella di sintesi per essere in seguito inviate agli occhi tramite due display;
 - I migliori risultati in termini di complessità degli oggetti virtuali sovrapposti al mondo reale si ottengono per mezzo dei visori video see-through. Tuttavia, rispetto a quelli ottici, richiedono sistemi di messa a fuoco automatica al fine di garantire la nitidezza del punto osservato. In generale i tempi di risposta, ovviamente inferiori a quelli dell'occhio umano, rendono l'esperienza di utilizzo poco confortevole.
- **visori optical see-through:** rispetto ai primi, questi ultimi lasciano vedere all'utente il mondo reale così come è mentre i contenuti aumentati vengono aggiunti alla scena reale attraverso la loro impressione su particolari lenti trasparenti;
 - I visori ottici, come appena detto, non risentono di questo problema anche se la qualità degli oggetti virtuali aumentati non è paragonabile con i risultati ottenuti con i visori video see-through per via della trasparenza delle lenti su cui sono impressi e fusi con la realtà.
- **display di proiezione:** si avvale di sistemi a proiezione per illuminare gli oggetti reali con apposite immagini generate dal computer.
 - I display di proiezione risultano troppo sensibili alla riflettività e alle caratteristiche fisiche degli oggetti illuminati; ad esempio, corpi opachi e scuri limitano il tipo di informazione che può essere visualizzata oltre al fatto che l'allineamento dei proiettori con la superficie di proiezione è un fattore critico per la generazione di un effetto credibile.

13) Parametri di riferimento dei motion tracking.

- Volume di lavoro: definisce la regione di spazio in cui il sistema funziona correttamente.
- Frequenza di campionamento: è la frequenza con cui il calcolatore rileva e aggiorna le variabili.
- Risoluzione: è la più piccola variazione di posizione rilevata.
- Latenza: il tempo trascorso dall'evento al suo riconoscimento, ovvero la rapidità della risposta.
- Precisione: è l'entità dell'errore di misurazione.

14) stereoscopia parallela, incrociata ecc...

Ci sono due tecniche diverse per poter vedere in stereoscopia una immagine 2D contando solo sull'uso della vista:

- Incrociata
 - L'occhio destro guarda l'immagine sinistra mentre l'occhio sinistro quella destra. È la più facile da imparare perché richiede una posizione naturale degli occhi che avvicinano il piano di osservazione. Per provare è sufficiente avere uno stereogramma ed osservarlo incrociando gli occhi. Inizialmente le due immagini appariranno sdoppiate ma lentamente, per un processo di compensazione attuato dal cervello, lentamente le due immagini si sovrappongono perfettamente dando come risultato un'immagine nitida con la percezione della profondità.
- Parallela
 - L'occhio destro guarda l'immagine destra mentre l'occhio sinistro quella sinistra. È la più difficile da imparare perché richiede una posizione meno naturale degli occhi che allontanano il piano di osservazione fino a volte oltre l'infinito (occhi divergenti). È necessario avvicinare molto gli occhi a quest'ultime, rilassarsi e muoversi lentamente indietro finché le due confuse immagini che si vedono diventino una sola.

15) autostereoscopia

A differenza della stereoscopia classica, in questo sistema l'immagine tridimensionale può essere osservata in rilievo senza richiedere l'uso di altri dispositivi, quali possono essere lo stereoscopio o gli occhiali, poiché il supporto (stampa su carta o monitor) è munito di una tecnologia apposita (ad es. il sistema lenticolare) che provvede già da sé a nascondere ad ogni occhio l'immagine destinata all'altro. Esistono diverse tecniche di visualizzazione autostereoscopia. Tra le più note:

- **Barriera di parallasse**
 - Un filtro "la barriera" distribuisce in alternanza i punti di vista destinati all'uno o all'altro dei due occhi.
 - È necessario un buon posizionamento dello spettatore.
 - Le posizioni laterali per vedere bene l'immagine sono tutte alla stessa distanza dal piano dell'immagine.
 - È la tecnica adottata dalla Nintendo 3DS
- **Fotografia integrale e rete lenticolare**
 - L'impressione di rilievo è ottenuta grazie a una rete di microlenti (rete lenticolare) collocata sulla superficie dell'immagine, costituita da immagini ad incastro rappresentanti ognuna un punto di vista preso da un angolo differente.
 - La rete permette di indirizzare a ciascun occhio un'immagine differente che il cervello dell'osservatore ricostruirà come unica ed in rilievo.
 - Una delle caratteristiche di questi schermi è quella di restituire più punti di vista dei due strettamente necessari in modo da permettere un più libero posizionamento degli spettatori: questi schermi sono detti "multiscopici".
- **Olografia**
 - Un Elemento Ottico Olografico (HOE - Holographical Optical Element) è posto davanti allo schermo di visualizzazione. Le immagini per i due occhi sono ognuna proiettata da un proiettore LCD e riflesse da uno specchio su uno schermo convesso.
 - Le condizioni di illuminazione ambientale giocano un ruolo fondamentale sul successo o meno della illusione di tridimensionalità.
- **Autostereogramma**
 - L'Autostereogramma, è uno stereogramma a singola immagine, realizzato per creare una illusione ottica tridimensionale da un'immagine bidimensionale.
 - Al fine di percepire una forma tridimensionale in un autostereogramma, gli occhi devono superare di norma il coordinamento automatico tra messa a fuoco e convergenza.
 - Con un autostereogramma il cervello riceve pattern ripetuti da entrambi gli occhi ma non riesce a combinarli correttamente, anzi li combina in due differenti pattern adiacenti che formano un oggetto virtuale basato su angoli di parallasse errati, ponendo così l'oggetto virtuale ad una profondità diversa da quella dell'autostereogramma.