

Requisiti Funzionali e Tecnici

Touching the transcendentals by tractional constructions: historical and foundational research, educational and museal applications by new emerging technologies - (TTTC)

CUP B53C24008180001 - codice identificativo PRIN_2022E8PZ3F_001

Applicativo VR per l'esplorazione di macchine matematiche

| | |
|--|----|
| 1. Premessa | 2 |
| 2. Requisiti Funzionali..... | 2 |
| 3. Scenario Pantografo di Scheiner..... | 3 |
| 4. Scenario Multipurpose Tangent Solver (MTS) | 4 |
| 4.1 Componenti | 4 |
| 4.2. Scenario Multipurpose Tangent Solver (MTS) | 5 |
| 4.3. MTS nella modalità tangente..... | 5 |
| 4.4. MTS nella modalità curvgrafo (esponenziale e parabola) | 7 |
| 4.5. MTS nella modalità trasformazione (derivate e primitive)..... | 8 |
| 4.6. Altre funzionalità | 9 |
| 5. Requisiti Tecnici | 10 |
| 6. Documentazione e rilascio della soluzione software..... | 10 |
| 7. Attività di Testing..... | 11 |

1. Premessa

Il presente documento descrive nel dettaglio il contesto progettuale, le esigenze funzionali e le specifiche tecniche necessarie per lo sviluppo dell'applicativo VR oggetto della richiesta di fornitura. Tale applicativo si inserisce all'interno del progetto di ricerca "Touching the transcendentals by tractional constructions: historical and foundational research, educational and museal applications by new emerging technologies (TTTC)", un'iniziativa che mira a valorizzare strumenti e concetti matematici attraverso l'impiego di tecnologie emergenti, con particolare attenzione agli aspetti didattici, museali e divulgativi.

Nel quadro di questo progetto, risulta fondamentale la realizzazione di un ambiente in realtà virtuale accessibile sia tramite visori VR sia attraverso dispositivi mobili come tablet, affinché gli utenti possano fruire delle attività in contesti diversi, dalla lezione in aula alla visita museale fino allo studio autonomo. L'obiettivo principale è offrire un'esperienza immersiva e interattiva che consenta di studiare, esplorare e utilizzare fedeli ricostruzioni virtuali di macchine matematiche storiche, riproducendo il più possibile le operazioni che normalmente verrebbero svolte con un modello fisico.

L'applicativo dovrà consentire un'interazione realistica con gli oggetti virtuali, garantendo comportamenti fisici credibili e rispondenti alle caratteristiche delle macchine originali. L'utente dovrà essere in grado di manipolare gli elementi dei dispositivi, osservare i movimenti risultanti, effettuare misurazioni, analizzare trasformazioni geometriche e tracciare figure attraverso strumenti virtuali progettati per replicare con precisione il funzionamento degli originali. Queste funzionalità non solo permetteranno una comprensione più profonda delle proprietà geometriche e meccaniche, ma offriranno anche un approccio esperienziale capace di coinvolgere studenti, ricercatori e pubblico museale.

Le macchine matematiche oggetto della virtualizzazione sono due strumenti di particolare rilevanza storica e scientifica: il Pantografo di Scheiner, utilizzato per la replicazione e la trasformazione di figure geometriche, e il Multipurpose Tangent Solver, una macchina in grado di modellare relazioni geometriche complesse e di rappresentare attraverso il movimento soluzioni grafiche a problemi matematici. L'applicativo dovrà emularne fedelmente struttura, comportamento e funzionalità, offrendo un'esperienza didattica innovativa e tecnicamente accurata.

2. Requisiti Funzionali

L'ambiente sviluppato dovrà includere un'interfaccia utente chiara, intuitiva e coerente, progettata per guidare l'utente nello svolgimento delle attività didattiche proposte. L'obiettivo è garantire un'esperienza d'uso fluida e funzionale, indipendentemente dal dispositivo utilizzato. Poiché le attività possono essere eseguite sia tramite visori immersivi sia tramite dispositivi di tipo tablet, sarà necessario integrare modalità di interazione differenziate ma equivalenti, in grado di assicurare la piena fruibilità dei contenuti e il completamento delle attività in entrambi i contesti. Ciò comporta l'adozione di interfacce grafiche responsive, sistemi di controllo ottimizzati per il tracciamento del movimento, gesture dedicate o interazioni touch, e un'attenzione particolare all'usabilità per consentire agli utenti di concentrarsi sui contenuti didattici senza ostacoli tecnici. Al fine di garantire una corretta usabilità dell'applicativo, si suggerisce l'implementazione di un tutorial dedicato alla spiegazione delle gesture e delle modalità di interazione, così da rendere l'esperienza accessibile anche agli utenti meno esperti.

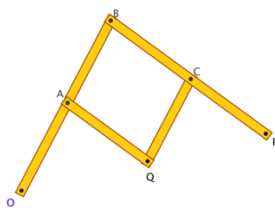
L'ambiente dovrà inoltre supportare attività cooperative o dimostrative, consentendo a gruppi di utenti di partecipare in modalità condivisa. In questo scenario, un utente eseguirà l'attività tramite visore, mentre gli altri potranno osservare in tempo reale ciò che accade attraverso un monitor, un tablet o un computer collegato. La trasmissione delle immagini dovrà avvenire in modo fluido e sincronizzato, così da permettere agli osservatori di seguire l'esperienza immersiva senza ritardi significativi. Questa

funzionalità risulta fondamentale sia per attività di gruppo, sia per sessioni formative, lezioni dimostrative o esperienze collaborative.

Per aumentare l'engagement, l'ambiente dovrà integrare elementi di gamificazione. Le attività didattiche potranno essere strutturate come missioni (quest), ciascuna delle quali attribuirà un punteggio in base alla correttezza o alla completezza dell'esecuzione. I punteggi raccolti consentiranno la generazione di classifiche (leaderboard) consultabili dagli utenti, che utilizzeranno un nickname, così da preservare la loro identità reale ma garantire una competizione motivante e trasparente. La gamificazione dovrà essere integrata in modo coerente al percorso formativo, stimolando la motivazione ma senza compromettere l'obiettivo educativo.

Tutte le informazioni, incluse risposte, scelte effettuate e progressi registrati durante le attività, dovranno essere inviate a un server remoto. La comunicazione tra applicativo e server avverrà tramite REST API dedicate e in forma anonima, nel rispetto della privacy e della normativa sul trattamento dei dati. Sebbene il server non rientri nell'oggetto della presente fornitura, l'operatore aggiudicatario dovrà collaborare con il soggetto incaricato della sua realizzazione per definire e integrare in modo corretto le API necessarie allo scambio dati.

3. Scenario Pantografo di Scheiner



In virtù della semplicità e della consolidata conoscenza del funzionamento e della struttura del pantografo, si è ritenuto superfluo includere in questo paragrafo la descrizione delle relative componenti.

All'utente verranno forniti, su un piano di lavoro, tutti gli elementi che compongono un Pantografo di Scheiner, presentati in modo graduale e facilmente riconoscibile, così da favorire la comprensione della funzione di ciascun componente. L'ambiente didattico richiederà allo studente di interagire attivamente con questi elementi per procedere alla costruzione del pantografo, guidandolo attraverso passaggi logici e interazioni intuitive. Durante l'attività, il sistema potrà fornire suggerimenti contestuali, indicazioni visive o highlight interattivi che aiutino l'utente a comprendere come assemblare correttamente le varie parti, evitando blocchi o errori che possano compromettere il proseguimento dell'esperienza.

Una volta completata la costruzione lo studente potrà utilizzare sul piano di lavoro, grazie a fogli virtuali, il pantografo per sperimentare il funzionamento della macchina. Verranno successivamente poste una serie di domande finalizzate a esplorare e comprendere, ancora più in profondità, il funzionamento dello strumento che ha appena realizzato e cercare di dedurre le regole matematiche sottostanti. Le domande, fornite dal richiedente della fornitura, saranno progettate per stimolare l'osservazione, la sperimentazione diretta e il ragionamento. In questo modo l'utente sarà portato a manipolare il pantografo, verificando ad esempio come la variazione delle lunghezze delle barre influenzi i movimenti complessivi, come misurare distanze tra punti specifici o come calcolare i rapporti derivanti da tali misurazioni. L'attività non si limita quindi alla sola costruzione dello strumento, ma favorisce una comprensione profonda dei principi geometrici e meccanici che ne regolano il funzionamento.

Sia l'assemblaggio del pantografo sia la sequenza di domande di approfondimento potranno essere strutturati come missioni (quest), permettendo l'assegnazione di punti in base al completamento delle attività e alla correttezza delle risposte fornite. Le risposte potranno essere raccolte tramite diversi

formati, come check-box, domande a risposta multipla o risposte aperte, a seconda della complessità dei quesiti e degli obiettivi formativi. La componente gamificata contribuirà a rendere l'esperienza più coinvolgente, incentivando l'utente ad affrontare le attività con maggiore attenzione e motivazione. Il sistema dovrà inoltre includere una libreria di oggetti 3D visualizzabili direttamente nell'ambiente virtuale o aumentato. Grazie a essa, lo studente potrà utilizzare il pantografo costruito per ricalcare la forma degli oggetti presentati, trasferendo la figura geometrica risultante su un grafico bidimensionale. Questa funzione permetterà di mettere in pratica quanto appreso, trasformando l'attività in un esercizio concreto di analisi delle forme, proporzioni e trasformazioni geometriche.

4. Scenario Multipurpose Tangent Solver (MTS)

Così come per lo scenario del Pantografo di Scheiner si deve prevedere un tavolo con uno spazio in cui prendere/posare/assemblare i pezzi e un piano di lavoro (fisso) su cui utilizzare le componenti assemblate in vari modi.

Le componenti devono poter essere assemblate nelle configurazioni elencate di seguito, e poi dovranno essere poggiate sul piano/foglio di lavoro comportandosi come illustrato nei vari scenari. Durante l'attività le componenti assemblate possono essere spostate momentaneamente dal foglio (mantenendo l'assemblaggio).

Prima di poggarsi sul piano, le componenti assemblate dovranno rispettare tutti i vincoli di assemblaggio (es: puntatori scorrono nelle scanalature) tranne i vincoli di direzione dettati dalle ruote (vedi A.1) che si "attivano" solo quando le ruote sono a contatto col piano.

Per video illustrativi vedere <https://www.machines4math.com/instructions/>

4.1 Componenti

[vedi <https://www.youtube.com/watch?v=3RBCPJGK1EC&list=TLGG1PXJ4TI8DN8XMDEXMJAYNQ>]

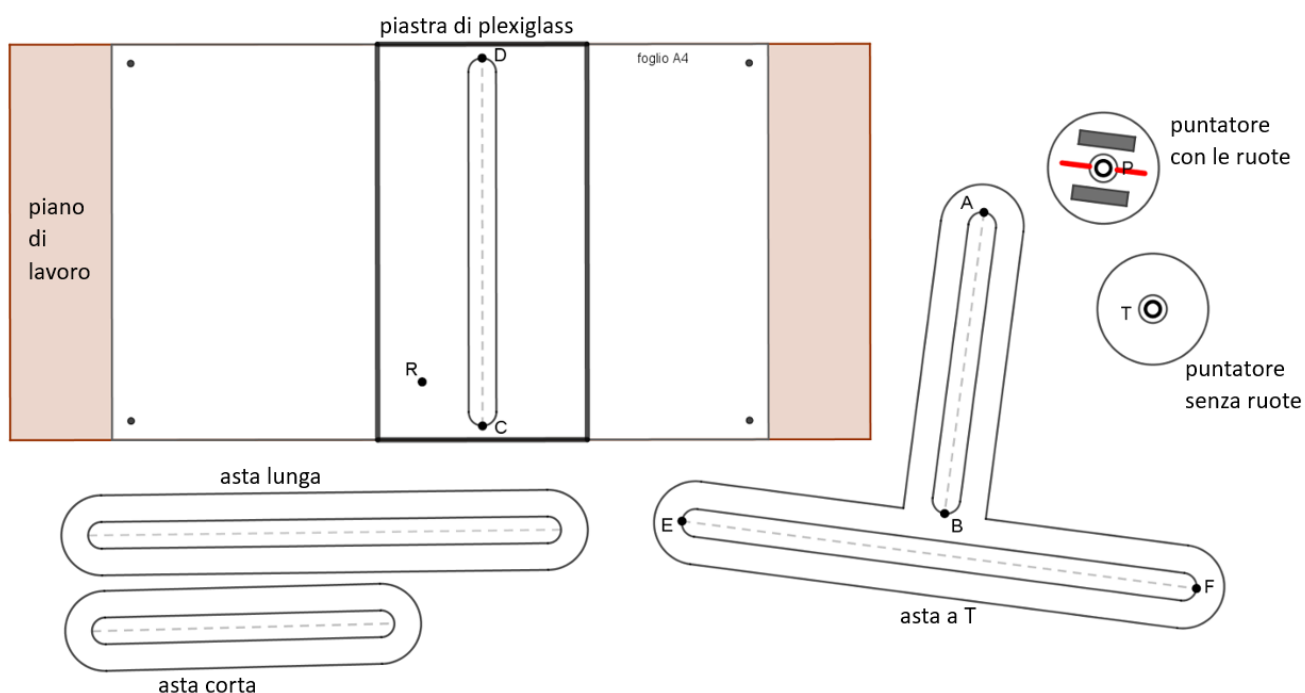


Figura 1: componenti dell'MTS.

Le componenti dell'MTS sono (vedi Figura 1):

- Piano di lavoro su cui va fissato un foglio in una zona prestabilita e su cui andranno sempre posizionate le componenti per utilizzare l'MTS nelle varie modalità;
- Il puntatore con le ruote, al cui centro è possibile inserire un pennarello per tracciare dal foro centrale P;
- Il puntatore senza ruote, al cui centro è possibile inserire un pennarello per tracciare dal foro centrale T;
- Piastra di plexiglass scorrevole sul piano di lavoro (quando vi è agganciato). Su questa piastra è incisa una scanalatura CD (parallela al lato lungo della piastra) e fissato un perno R ad una distanza k dalla scanalatura CD;
- Due aste di plexiglass di lunghezze differenti che presentano entrambe una scanalatura rettilinea.

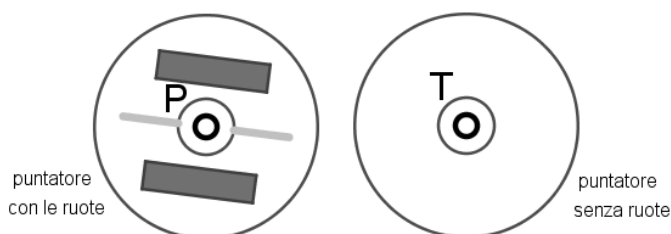


Figura 2

Le aste presentano un incastro che consente di unirle in modo che la due scanalature siano perpendicolari, formando un'asta a "T".

4.2. Scenario Multipurpose Tangent Solver (MTS)

- Il **puntatore con le ruote P**, quando è appoggiato sul piano/foglio di lavoro, può muoversi solo lungo la direzione delle ruote (le ruote devono rotolare senza strisciare). **I movimenti consentiti sono cambiare direzione (ruotare su sé stesso) e/o spostarsi lungo la direzione delle ruote.**
- Il **puntatore senza ruote T**, quando è appoggiato sul piano/foglio di lavoro, **non ha vincoli di movimento (può muoversi in tutte le direzioni);**
- Deve essere possibile guardare dall'alto nel foro al centro di entrambi i puntatori per seguire con precisione una data curva.
- Deve essere ben visibile il segmentino alla base del puntatore con le ruote (soprattutto quando viene guardato dall'alto), che indica la direzione delle ruote.
- Deve essere possibile inserire un pennarello nel foro al centro di entrambi i puntatori (o far sì che a comando il punto P e/o il punto T tracci un segno sul foglio), così da lasciare una traccia mentre si muovono sul foglio. Se il pennarello viene inserito e non si muove il puntatore, allora deve essere segnato il punto in cui si trova. Riassumendo deve essere possibile tracciare delle curve con entrambi i puntatori o segnare la posizione nel punto in cui si trovano. Deve essere possibile cambiare il colore del pennarello e inserirlo/toglierlo in qualsiasi momento.
- Quando il puntatore con le ruote è fermo, deve essere possibile segnare sul piano/foglio dei segni in corrispondenza degli estremi del segmentino alla base (ad esempio utilizzando un pennarello), cioè deve essere possibile segnare sul foglio il segmentino o la sua direzione.

4.3. MTS nella modalità tangente

[calculus: tangent activities - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=x01G9JNEt7U&list=TLGGH6hnrApHNwoxMDExMjAyNQ)

(<https://www.youtube.com/watch?v=x01G9JNEt7U&list=TLGGH6hnrApHNwoxMDExMjAyNQ>)

1. Il puntatore con le ruote può essere utilizzato singolarmente per percorrere o tracciare curve sul piano/foglio di lavoro (con i movimenti consentiti, vedere A.1).
2. Il puntatore con le ruote P, il puntatore senza ruote T e un'asta possono essere assemblati insieme in modo che i due puntatori siano inseriti nella scanalatura dell'asta e deve essere possibile vincolare la direzione delle ruote a rimanere parallela o perpendicolare alla scanalatura

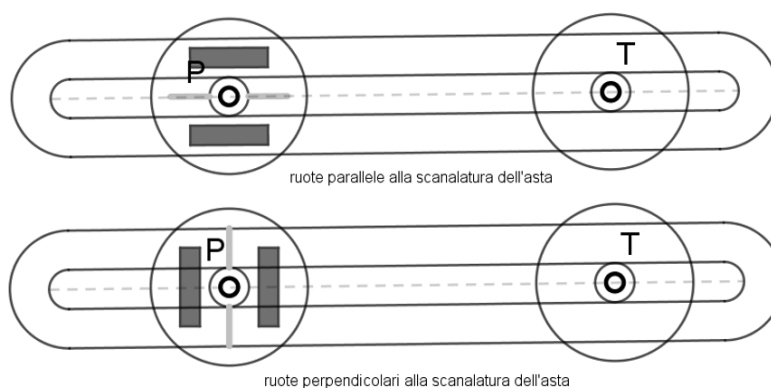


Figura 3

dell'asta (vedere **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Oltre alle funzionalità della Sezione A durante il movimento sul piano di lavoro deve essere rispettato il vincolo sulla direzione delle ruote imposto dalla scanalatura.

Ad esempio se le ruote sono parallele alla scanalatura dell'asta allora:

- è possibile muovere il puntatore senza ruote e trascinare quello con le ruote (la direzione viene data dalla scanalatura dell'asta);
- se si mantiene fermo sul piano di lavoro il puntatore senza ruote, quello con le ruote può muoversi solo all'interno della scanalatura dell'asta (e in nessun'altra direzione).

Ad esempio se le ruote sono perpendicolari alla scanalatura dell'asta allora:

- muovendo il puntatore senza ruote il puntatore con le ruote può al più cambiare direzione (non è possibile spostarlo dalla posizione in cui si trova);
- se si mantiene fermo il puntatore senza ruote, quello con le ruote può muoversi solo perpendicolarmente alla scanalatura dell'asta (la traiettoria è una circonferenza) e non all'interno della scanalatura.

3. Quando la macchina (negli assemblaggi di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) è sollevata dal piano di lavoro i puntatori possono scorrere liberamente lungo la scanalatura dell'asta.

4.4. MTS nella modalità curvgrafo (esponenziale e parabola)

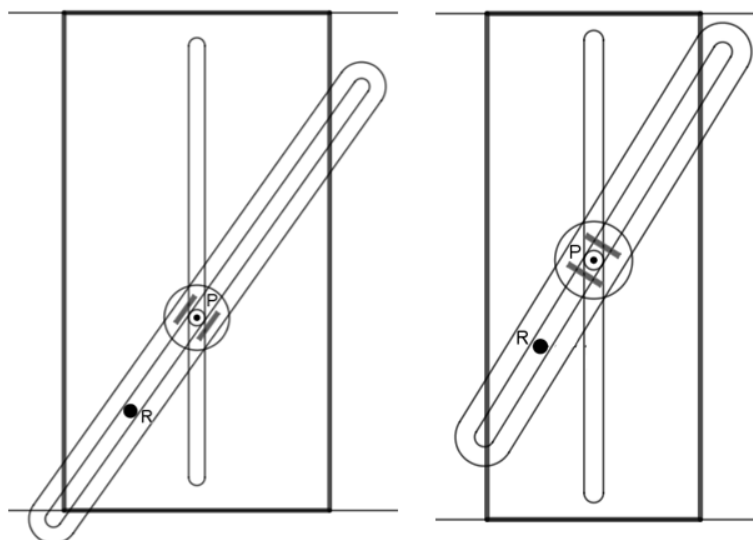


Figura 4

[calculus: exponential and more - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=kiWsQ7LY488&list=TLGGVPOjwEJpugxMDExMjAyNQ)

(<https://www.youtube.com/watch?v=kiWsQ7LY488&list=TLGGVPOjwEJpugxMDExMjAyNQ>)

1. Le componenti utilizzate in questa modalità sono: un'asta, il puntatore con le ruote P, la piastra di plexiglass con il perno R (vedi Figura 4).
2. Le componenti devono essere assemblate come segue:
 - Il puntatore con le ruote P deve stare contemporaneamente nella scanalatura dell'asta e in quella della piastra di plexiglass;
 - Le ruote devono essere parallele (per tracciare esponenziali) o perpendicolari (per tracciare parabole) alla scanalatura dell'asta. Il vincolo scelto deve rimanere fisso quando si utilizza l'MTS;
 - il perno R deve stare all'interno della scanalatura dell'asta.
3. Devono valere tutte le funzionalità della Sezione A, oltre agli ulteriori vincoli imposti dall'assemblaggio delle componenti (ad esempio, il puntatore con le ruote scorre in entrambe le scanalature, ...).
4. Si agisce sulla macchina muovendo il puntatore con le ruote P o facendo scorrere la piastra di plexiglass sul piano di lavoro.
5. Deve essere possibile segnare sul foglio la posizione della punta metallica R (ad esempio utilizzando un pennarello o un comando che se attivato fa lasciare una traccia alla punta metallica), oltre alla posizione del puntatore con le ruote (posizione di P) e i segni in corrispondenza del segmentino alla base.
6. Dato un punto di partenza sul foglio, per poter tracciare la curva a partire da tale punto bisogna poter sganciare le varie componenti dal piano di lavoro (mantenendo l'assemblaggio) e poterle riagganciare in modo che il puntatore con le ruote P venga posizionato sul punto scelto (quando le componenti sono sganciate rimangono assemblate, ma il puntatore può scorrere lungo le scanalature).
7. Deve essere possibile sganciare le componenti dal piano di legno e metterle momentaneamente da parte, per poter eseguire costruzioni geometriche sul foglio (con righello, squadre, ...; vedere

Sezione E.2) o scrivere con il pennarello (ad esempio segnare un punto e nominarlo con una lettera).

- Se il foglio su cui viene tracciata la curva presenta un sistema di riferimento, poter visualizzare la relativa formula della funzione tracciata (le formule verranno fornite da noi in funzione dei parametri per la scelta del sistema di riferimento e dell'assemblaggio dell'MTS di Figura 4).

4.5. MTS nella modalità trasformazione (derivate e primitive)

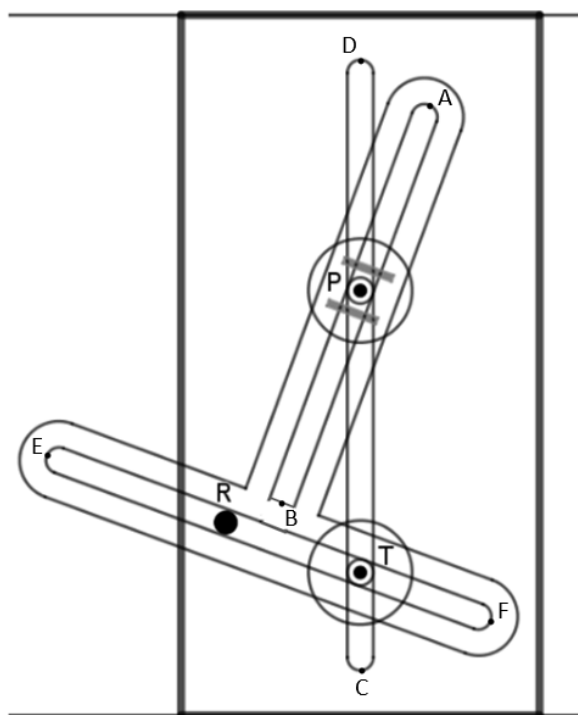


Figura 5

[calculus: derivatives and integrals - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=zLmM9FnivYQ&list=TLGGCOF9Uu48PPwxMDExMjAyNQ)

(<https://www.youtube.com/watch?v=zLmM9FnivYQ&list=TLGGCOF9Uu48PPwxMDExMjAyNQ>)

- Le componenti utilizzate in questa modalità sono: le due aste agganciate in modo da formare l'asta a "T", il puntatore con le ruote P, il puntatore senza ruote T e la piastra di plexiglass con il perno R (vedi Figura 5).
- Le componenti devono essere assemblate come segue (vedere Figura 5):
 - Il puntatore senza ruote T deve scorrere sia all'interno della scanalatura CD della piastra di plexiglass che della scanalatura EF dell'asta a "T";
 - Il puntatore con le ruote P deve scorrere sia all'interno della scanalatura CD della piastra di plexiglass che della scanalatura AB dell'asta a "T";
 - Le ruote siano perpendicolari alla scanalatura AB dell'asta a "T";
 - Il perno R deve stare all'interno della scanalatura EF dell'asta a "T".
- Devono valere tutte le funzionalità della Sezione A, oltre agli ulteriori vincoli imposti dall'assemblaggio (ad esempio, i puntatori scorrono nelle rispettive scanalature dell'asta a "T" e in quella della piastra di plexiglass, ...).
- Si agisce sulla macchina:



- muovendo il puntatore con le ruote P facendogli compiere i movimenti consenti (vedere A.1);
 - muovendo il puntatore senza ruote T (non vi sono vincoli sulla direzione per questa componente);
 - muovendo l'asta passante per R e T variandone l'inclinazione, mentre (eventualmente) si fa scorrere la piastra di plexiglass lungo il piano di legno.
5. Deve essere possibile segnare sul foglio la posizione del perno R, del puntatore senza ruote T, del puntatore con le ruote P e i segni in corrispondenza del segmentino alla base di P.
 6. Deve essere possibile sganciare le componenti dal piano di legno e metterle momentaneamente da parte, per poter eseguire costruzioni geometriche sul foglio (con righello, squadre, ...; vedere Sezione E.2) o scrivere con il pennarello (ad esempio segnare un punto e nominarlo con una lettera).

4.6. Altre funzionalità

1. Pennarello/matita da utilizzare con le mani per segnare punti sul foglio con la possibilità di scrivere (ad esempio segnare un punto e nominarlo con una lettera).
2. Set di squadrette, righello e compasso (o comandi tipo GeoGebra) per realizzare costruzioni geometriche sul foglio, ad esempio dato un punto P e una retta r costruire la retta perpendicolare a r e passante per P.
3. Con squadrette e righello (o comandi tipo GeoGebra) deve essere possibile effettuare misurazioni sia sul piano di lavoro che sull'MTS per misurarne le varie componenti (distanze tra i perni, tra un perno e una scanalatura, ...). Eventualmente implementare anche il Goniometro per misurare l'ampiezza degli angoli sia sul piano che sull'MTS.
4. Possibilità di fornire fogli con curve e/o sistemi di riferimento "stampati". Possibilità di mettere più di un sistema di riferimento e/o più di una curva sul medesimo foglio. Possibilità di scegliere le curve e i sistemi di riferimento e di poterle rappresentare con colori diversi.
5. Per le modalità curvgrafo e trasformazione deve essere possibile variare il parametro k dell'MTS (distanza del perno dalla scanalatura del rettangolo di plexiglass).
6. Eventualmente prevedere un comando che tracci la retta tangente ad una curva (dove esiste) o le semirette tangenti destra e sinistra (in caso di punti angolosi), tipo il comando di GeoGebra.
7. Deve essere possibile fissare al piano di legno un foglio che può essere tolto e sostituito più volte.
8. Se si tenta di muovere il puntatore con le ruote facendogli compiere un movimento non consentito (ad esempio, spostandolo in una direzione diversa da quella imposta da un vincolo) deve essere restituito un feedback all'utilizzatore e il puntatore deve rimanere fermo.
9. Prevedere per quanto possibile esplorazioni libere dell'MTS nelle varie modalità. Ad esempio, nella modalità trasformazione prevedere che l'utilizzatore faccia scorrere la piastra di plexiglass sul piano di legno e di conseguenza si devono muovere le altre componenti (sempre rispettando i vari vincoli di assemblaggio e sulla direzione delle ruote).

5. Requisiti Tecnici

Il sistema dovrà essere compatibile con le principali piattaforme immersive e mobili, garantendo il pieno supporto ai visori Meta Quest 3s o superiori, ai dispositivi Android e/o Apple, nonché un supporto opzionale per PC VR. L'applicazione dovrà implementare una modellazione fisica accurata, includendo la simulazione realistica dei giunti e dei relativi vincoli, oltre a una rappresentazione cinematica esatta del pantografo e del Multipurpose Tangent Solver, ottenuta mediante vincoli articolati, sistemi di coordinate del piano e tracciamento in tempo reale. L'interfaccia utente, deve essere progettata per un utilizzo in realtà virtuale, dovrà integrare gesture e controller come principali strumenti di interazione, prevedendo la presenza di menu contestuali fluttuanti dedicati alle attività operative, quali misurazioni, variazione delle misure degli elementi costruttivi, gestione del tracciamento, visualizzazione dei rapporti geometrici e attivazione delle modalità di esercizio guidato. L'interfaccia dovrà essere sviluppata facendo particolare cura all'aspetto grafico e alla semplicità d'uso.

Il sistema dovrà inoltre garantire il funzionamento sia offline che online e dovrà garantire l'engagement dell'utente attraverso elementi di gamificazione e un'interazione attraverso elementi informativi in tempo reale, quali leaderboard e obiettivi attivi. A ciascuna attività – comprese misurazioni corrette, identificazione delle trasformazioni geometriche, completamento di esercizi o precisione nei tracciati – dovrà corrispondere un punteggio calcolato sulla base di tempo ed accuratezza, con la possibilità di ottenere badge e traguardi progressivi (ad esempio: “Maestro del Pantografo”, “Precisione Millimetrica”, “Esperto di Omotetie”). I punteggi dovranno essere trasmessi in modo sicuro a un server esterno (lo sviluppo del server esterno non è oggetto della presente richiesta) tramite API REST, per consentire la visualizzazione di leaderboard globali o di gruppo, aggiornate dinamicamente. L'intera componente di gamification dovrà prevedere un sistema di sfide basate su precisione, correttezza delle risposte ai quesiti, tempo e conformità alle curve teoriche, con aggiornamento del punteggio in tempo reale e classifiche strutturate per modalità. L'operatore economico può proporre ulteriori elementi di gamificazione, iniziative per favorire l'engagement, soluzioni tecnologiche per l'interazione con l'utente e qualsiasi altro intervento utile a migliorare la qualità del servizio, all'interno della proposta tecnica.

6. Documentazione e rilascio della soluzione software

L'operatore individuato dovrà fornire una documentazione completa composta da due elementi principali: un tutorial iniziale guidato e una documentazione tecnica dettagliata. Il tutorial, integrato direttamente all'interno dell'applicativo, dovrà illustrare in modo chiaro e sequenziale tutte le modalità di interazione e le funzionalità operative del sistema, al fine di garantire agli utenti un apprendimento immediato e assistito. La documentazione tecnica dovrà invece includere una descrizione esaustiva dell'architettura software, del codice sorgente, delle librerie utilizzate e delle procedure di sviluppo adottate, così da assicurare la piena tracciabilità del lavoro svolto e la possibilità di effettuare future manutenzioni o estensioni del sistema.

La soluzione software sviluppata dovrà essere fornita dall'operatore individuato perfettamente funzionante, comprensiva di eventuali librerie e/o licenze necessarie al suo funzionamento. Dovrà inoltre essere pubblicata online a carico dell'operatore, per consentire il download e la fruizione da parte degli utenti finali. Infine, come parte integrante del servizio, si richiede la fornitura dei codici sorgenti, adeguatamente commentati, del progetto software realizzato.



7. Attività di Testing

E' previsto un tempo di sviluppo di 6 mesi ed altri 4 mesi per il testing e bug fix. L'operatore individuato a seguito della presente procedura dovrà altresì garantire un adeguato supporto operativo attraverso un numero minimo di **quattro incontri in presenza** destinati alla presentazione dello stato di avanzamento dei lavori di sviluppo. Dovranno inoltre essere previsti **un incontro dedicato all'alfa testing** e **un incontro per il beta testing**, anch'essi svolti in presenza.

L'operatore individuato dovrà inoltre fornire assistenza completa per il setup di un ambiente per la sperimentazione del software presso la sede del committente, situata in Palermo via Ugo la Malfa 153, assicurando la corretta configurazione e funzionalità delle attrezzature e dei sistemi necessari e sviluppando, ove necessario, eventuali bug fix per problemi che si dovessero riscontrare durante la fase di sperimentazione condotta dal committente.