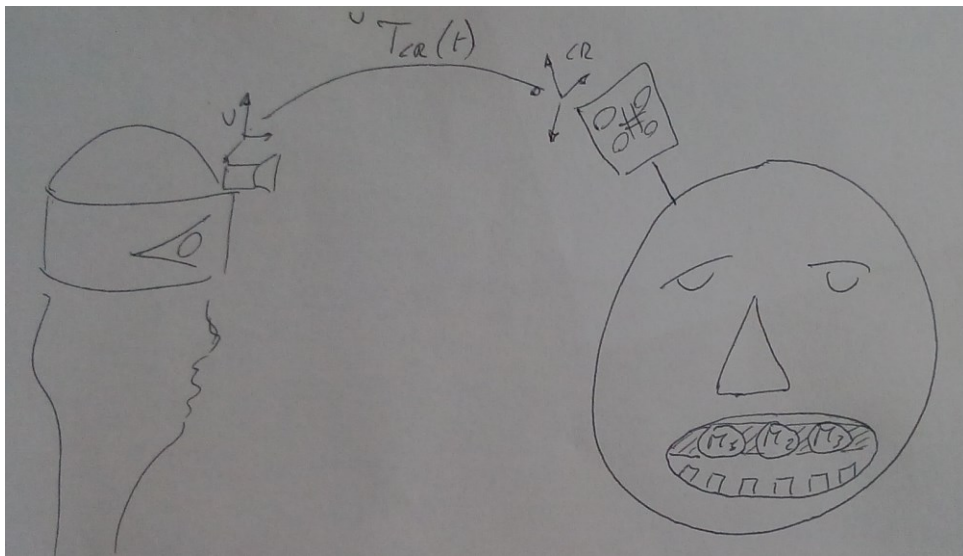


**NOTE:**

- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' consentito l'utilizzo solo di: fogli forniti, penna, righello, calcolatrice (che non offra la possibilità di memorizzare formule). A chi fosse trovato altro materiale sarà annullata la prova automaticamente e inderogabilmente.
- 3) La prova sarà istantaneamente e inderogabilmente annullata anche a chi fosse colto a parlare con gli altri candidati. E' consentito parlare solo col docente.

**TESTO DELLA PROVA**

Un paziente deve essere sottoposto a un intervento di chirurgia per correggere una malformazione congenita della bocca. Il chirurgo deve tagliare il mascellare superiore e fissarlo in una nuova posa più funzionale ed esteticamente più gradevole. La posa ottimale del frammento osseo è stata pianificata prima dell'intervento su un'immagine CT. L'intervento è guidato tramite un visore per realtà aumentata indossabile "Optical See-Through" dotato di opportune camere per effettuare la localizzazione. In sala operatoria, al cranio del paziente è applicato un sensore a 6 gdl compatibile con le camere di detto sistema. Prima di partire con l'intervento, si procede con la registrazione delle immagini. A tal fine, sull'arcata dentale superiore è applicato un supporto paziente specifico dotato di 3 marker passivi localizzabili con il sistema di guida (M1, M2 e M3). Dopodiché, si acquisiscono contemporaneamente le coordinate di detti 3 marker passivi e la posa del sensore a 6 gdl applicato sul cranio.



**Quesito 1 (Punti 6)**

Al fine di verificare che il sistema di localizzazione del visore V funzioni correttamente, si acquisiscono le posizioni dei 3 marker applicati sul supporto paziente specifico (in mm):

$$M_{1V} = \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 50 \end{bmatrix}; M_{2V} = \begin{bmatrix} -20 \\ 5 \\ 49 \end{bmatrix}; M_{3V} = \begin{bmatrix} 20 \\ 4 \\ 45 \end{bmatrix}$$

Considerando che le coordinate dei medesimi punti in CT da progetto valgono:

$$M_{1CT} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; M_{2CT} = \begin{bmatrix} -20 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; M_{3CT} = \begin{bmatrix} 20 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix}$$

si calcolino le distanze in CT ed in V tra il primo marker ed i due restanti, indicando altresì se è ragionevole pensare che il sistema di localizzazione stia funzionando correttamente oppure no.

Quesito 2 (Punti 6)

Al fine di verificare il corretto posizionamento del supporto paziente specifico, a partire dalle coordinate dei marker acquisiti, è stata determinata la matrice di registrazione:

$${}^V T_{CT} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & -1 & 50 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dopodiché, senza spostare il visore, con un puntatore si acquisisce la posizione della radice del naso che, rispettivamente in V ed in CT, vale:

$$RN_V = \begin{bmatrix} 5 \\ 48 \\ 50 \end{bmatrix} \quad RN_{CT} = \begin{bmatrix} 5 \\ -40 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Valutare se il posizionamento del supporto paziente specifico possa considerarsi corretto.

Quesito 3 (Punti 6)

Senza spostare il visore, si determina poi la matrice  ${}^V T_{CR}$  che lega in quell'istante il sistema di riferimento del visore V con il supporto fissato al cranio CR. Considerando che durante la procedura è necessario rimuovere il supporto specifico dal mascellare superiore per procedere con il taglio, descrivere un algoritmo in grado di fornire le informazioni espresse in CT rispetto al sistema di riferimento del visore V in modo coerente, considerando la mobilità relativa tra cranio del paziente e visore. A tal fine calcolare la matrice di registrazione dinamica  ${}^V T_{CT}(t)$ .

Quesito 4 (Punti 6)

La tipologia di visore (OST) impiegata, a causa del parallasse occhio-display, comporta un contributo nell'errore di allineamento virtuale-reale pari a 10 milliradiani. Considerando la tipica distanza di lavoro di 50 cm, calcolare a tale distanza detto contributo di allineamento spaziale in mm.

Quesito 5 (Punti 6)

A causa dell'elevato errore di allineamento virtuale-reale, il visore fornisce solo informazioni testuali relative al posizionamento dello strumentario chirurgico rispetto a quanto pianificato. In particolare, durante il taglio del mascellare superiore, eseguito con un bisturi a ultrasuoni, la cui forma è simile a quella di una penna, il chirurgo ha la necessità di conoscere la distanza tra la punta del bisturi rispetto alla radice dei denti (per evitare di tagliarvi troppo vicino). Considerando che il sistema è in grado di determinare la posizione istantanea della punta del bisturi  $B_V(t)$ , descrivere una procedura per determinare istantaneamente la distanza  $D(t)$  tra la punta del bisturi e la radice dei denti corredata dagli opportuni calcoli.