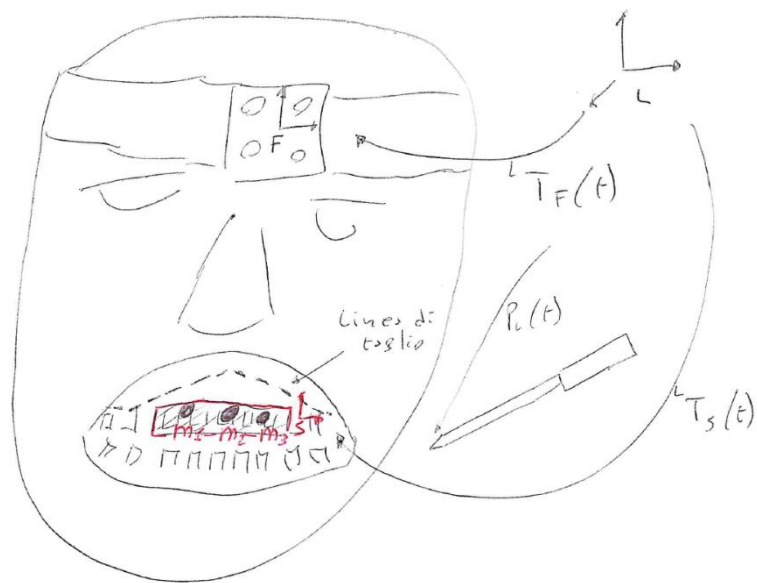


- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' 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 sistema di navigazione è dotato di localizzatore ottico ed è impiegato per eseguire un intervento di chirurgia ortognatica che prevede di sezionare il mascellare superiore e riposizionarlo come pianificato a partire dalle immagini CT del paziente. Nella fase di pianificazione è stata stabilito: 1) la linea di taglio da seguire; 2) la posa relativa ottimale definitiva tra mascellare superiore e ossa della testa.

Il tracciamento del paziente è effettuato mediante un sensore a 6 gradi di libertà applicato su una fascia  $F$  che viene stretta attorno alla fronte del paziente prima dell'intervento. La registrazione rispetto al sensore sulla fascia è effettuata mediante un supporto paziente specifico  $S$  dotato di 3 sfere riflettenti da applicare all'arcata dentale superiore. Tale supporto può essere applicato durante la fase di registrazione e di riposizionamento ma non durante il taglio.



### Quesito 1 (Punti 6)

Una volta applicato il supporto paziente specifico, le coordinate dei marker del supporto rispetto al sistema di riferimento della fascia  $F$  valgono:

$$m_{F1} = \begin{bmatrix} 0 \\ -21.0 \\ 0 \end{bmatrix}; m_{F2} = \begin{bmatrix} 0 \\ -22.5 \\ 10 \end{bmatrix}; m_{F3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Il sistema di riferimento  $CT$  è stato registrato con il sistema di riferimento  $F$  ottenendo:

$${}^F T_{CT} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -21.5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Sapendo che le coordinate dei medesimi punti fiduciali in  $CT$  valgono:

$$m_{CT1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; m_{CT2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 8.0 \\ 0 \end{bmatrix}; m_{CT3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -21 \end{bmatrix}$$

Determinare l'errore di registrazione medio su detti punti fiduciali (medio! Non scarto quadratico medio!).

Quesito 2 (Punti 6)

Per guidare il taglio, nel navigatore è mostrato in realtà virtuale il teschio del paziente e la linea di taglio pianificata sulla superficie dell'osso. Nella stessa scena è mostrata la punta di un bisturi ad ultrasuoni (opportunamente sensorizzato). Guardando la scena mostrata nel navigatore, il chirurgo incide la superficie dell'osso creandovi una traiettoria di riferimento lungo la quale taglia poi con una sega non sensorizzata. Durante la fase di incisione si vuol anche segnalare acusticamente se la distanza tra la punta del bisturi  $p_L(t)$ , nota in tempo reale nel sistema di riferimento del localizzatore  $L$ , e la linea di taglio definita sottoforma di punti che sono tra essi molto ravvicinati (tali punti possono essere considerati continui per i nostri scopi). Considerando che i punti della linea di taglio sono noti nel sistema di riferimento CT e memorizzati per righe in coordinate cartesiane nel vettore  $V$  contenente 1000 elementi, e che è possibile leggere la posa del sistema di riferimento della fascia  ${}^L T_F(t)$  istante per istante, scrivere lo pseudo codice necessario per attivare l'allarme acustico quando la distanza tra la punta del bisturi e la linea di taglio supera i 2 mm.

Quesito 3 (Punti 6)

Durante la fase di incisione, il chirurgo urta la fascia e, prima di procedere, vuol essere sicuro di non averla spostata ed aver quindi perso la registrazione. Considerando che la punta del bisturi (spento) può essere usata come se fosse quella di un puntatore, descrivere una procedura corredata dagli opportuni calcoli algebrici per effettuare un controllo di ragionevolezza su un punto target  $t$ .

Quesito 4 (Punti 6)

Al fine di verificare di non aver perso la registrazione lungo tutti e 6 i gradi di libertà, qual è il numero minimo di punti da verificare e come devono essere posizionati tra loro?

Quesito 5 (Punti 6)

Una volta effettuato il taglio, il supporto  $S$  può essere applicato nuovamente sui denti al fine di verificarne il corretto posizionamento. Dalla pianificazione è nota la posa ottimale  ${}^{CT}T_{S^*}$  del supporto rispetto al sistema di riferimento CT e istante per istante è disponibile la sua posa attuale  ${}^L T_S(t)$ . A partire da una generica posa attuale, qual è algebricamente la trasformazione omogenea  ${}^S T_{S^*}(t)$  che rappresenta l'errore di roto-traslazione attuale?