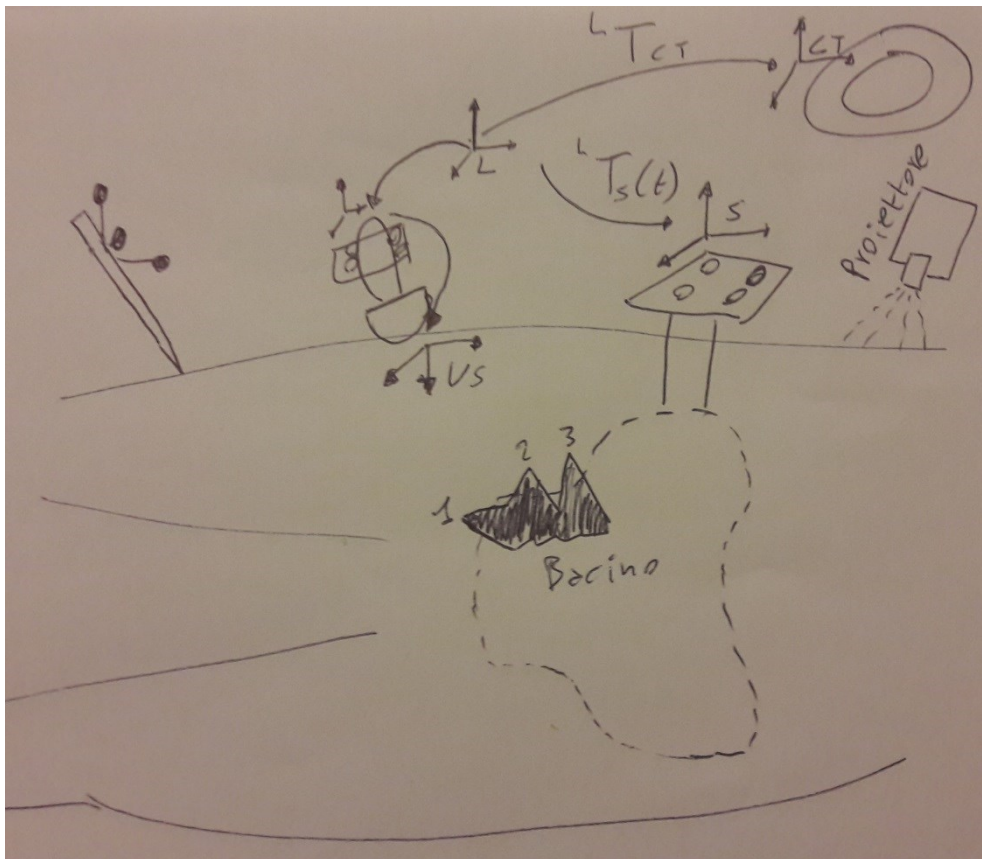


- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' 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.

E' disponibile l'immagine CT di un paziente acquisita una settimana fa. Nell'immagine si vede un corpo estraneo incastrato nelle ossa del bacino penetrato nell'anatomia anni prima a causa di un incidente. Per la rimozione del corpo estraneo il chirurgo decide di ricorrere a un sistema guidato dalle immagini che comprende: un localizzatore ottico con il suo puntatore, una sonda ecografica 3D opportunamente sensorizzata e calibrata rispetto al suo sensore a 6 gradi di libertà, un proiettore opportunamente sensorizzato e calibrato rispetto al suo sensore a 6 gradi di libertà. Prima di aver eseguito la registrazione e prima di eseguire l'accesso chirurgico, il chirurgo avvita un sensore a 6 gradi di libertà sul bacino. I dispositivi e i sistemi di riferimento sono riportati nella seguente figura:



#### Quesito 1 (Punti 6)

All'istante  $t_0$  per eseguire la registrazione delle immagini CT rispetto al sistema di riferimento del localizzatore, la sonda ecografica è posizionata in modo da poter identificare contemporaneamente 3 spigoli del corpo estraneo che sono riconoscibili anche nell'immagine CT. Tali spigoli, acquisiti con la sonda ecografica e già correttamente riferiti nel sistema di riferimento  $L$  del localizzatore, hanno coordinate:

$$f_{L1} = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 0 \end{bmatrix}; f_{L2} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 100 \end{bmatrix}; f_{L3} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0 \end{bmatrix}$$

I medesimi punti fiduciali identificati nel sistema di riferimento CT e già registrati nel sistema di riferimento L del localizzatore attraverso la matrice statica  ${}^L T_{CT}(t_0)$  hanno coordinate:

$$f'_{L1} = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 1 \end{bmatrix}; f'_{L2} = \begin{bmatrix} 10 \\ 2 \\ 100 \end{bmatrix}; f'_{L3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Determinare l'FRE in termini di scarto quadratico medio ed identificare su quale spigolo si ha errore maggiore.

#### Quesito 2 (Punti 6)

Una volta esposta la parte di bacino necessaria per l'intervento, il chirurgo identifica visivamente uno spigolo che verosimilmente è il n° 1 e per verifica lo vuol localizzare rispetto al sistema di riferimento L del localizzatore. Per far questo è meglio che utilizzi il puntatore oppure, come in fase di registrazione, la sonda ecografica 3D? Rispondere e motivare.

#### Quesito 3 (Punti 6)

Una volta acquisita la posizione dello spigolo che è con assoluta certezza il n°1:

$$f''_{L1} = \begin{bmatrix} 17 \\ 17 \\ 17 \end{bmatrix}$$

Il chirurgo vuol confrontare queste coordinate con quelle del medesimo punto  $f'_{L1}$  identificato in CT e registrato in L prima della procedura (attraverso la matrice statica  ${}^L T_{CT}(t_0)$ ):

- 1) Determinare l'errore in modulo sullo spigolo (tra  $f''_{L1}$  e  $f'_{L1}$ )
- 2) Confrontarlo con l'errore ottenuto sullo stesso punto prima di eseguire l'accesso chirurgico (tra  $f_{L1}$  e  $f'_{L1}$ ) e motivare la/le cause della loro differenza, considerando che il corpo estraneo non si è sicuramente mosso rispetto al bacino.

#### Quesito 4 (Punti 6)

Ricordando che prima di acquisire l'immagine ecografica utilizzata per la registrazione all'istante  $t_0$  è stato avvitato al bacino il sensore S la cui posa può essere determinata istante per istante dal localizzatore L ottenendo  ${}^L T_S(t)$  e che quindi, oltre alla trasformazione statica  ${}^L T_{CT}(t_0)$  ottenuta in fase di registrazione, è possibile conoscere istante per istante la trasformazione  ${}^L T_S(t)$  riportata nella prima figura, descrivere la procedura da eseguire, prima e durante l'intervento, corredata dalle opportune formule algebriche, per poter utilizzare correttamente durante l'intervento l'informazione contenuta nell'immagine CT, in altre parole come un punto  $P_{CT}$  nel sistema di riferimento CT possa essere riferito correttamente istante per istante in L attraverso un calcolo del tipo:  $P_L(t) = {}^L T_S(t) P_{CT}$

NB: non è possibile acquisire né punti né superfici per eseguire una nuova registrazione.

#### Quesito 5 (Punti 6)

Si vuol proiettare sul bacino il profilo della resezione pianificata prima dell'intervento. Considerando che il proiettore è in grado di generare immagini circolari, che il suo centro di proiezione si trova ad una distanza di circa 20 cm dalla superficie del bacino e che l'angolo di proiezione (analogo all'angolo di vista per le telecamere) è di  $10^\circ$ , determinare il diametro massimo della resezione che può essere proiettata.

