

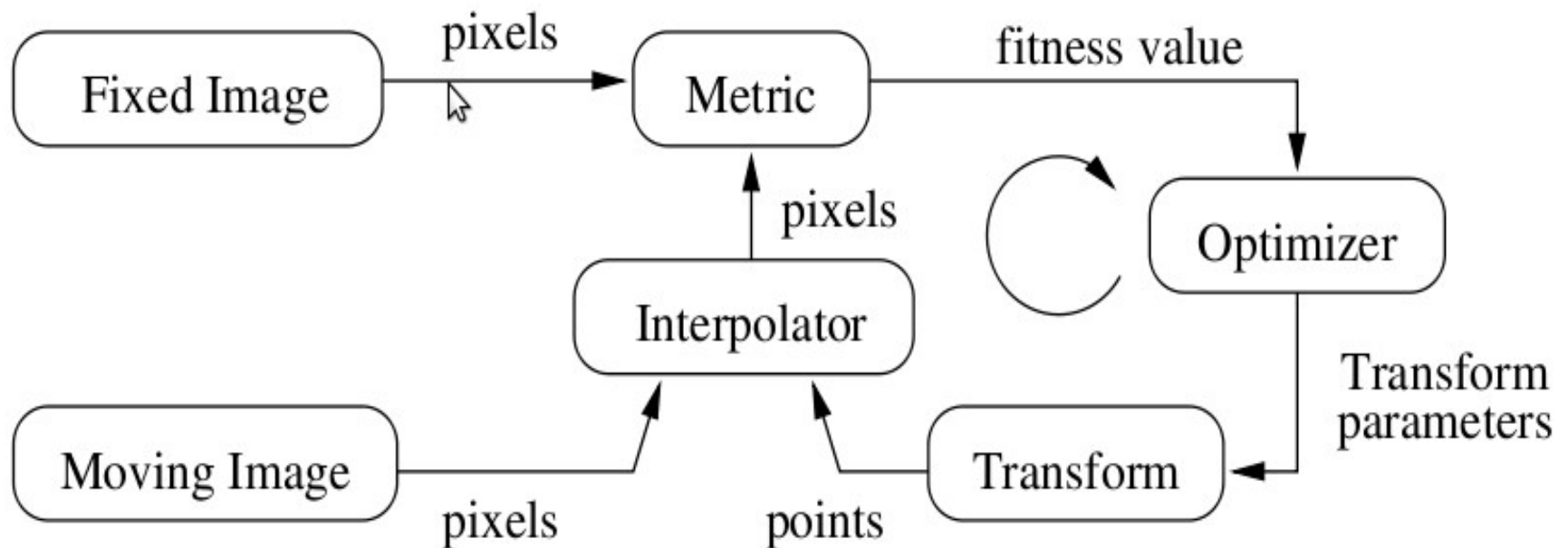


Algoritmi di registrazione: performances e ottimizzazione

Luca Rei
3/12/2009

REGISTRAZIONE

Processo di registrazione classico:



PROBLEMATICHE REGISTRAZIONE

Elenco dei problemi trattati:

- Normalizzazione teste (per confrontarle tra loro)
- carico CPU (perchè calcoli complessi → idea Algoritmi Multicore e Calcolo Parallelo)
- Migliorare la registrazione (trovare il minimo corretto)

Normalizzazione Teste I

E' necessario confrontare teste provenienti da posti e da strumenti diversi tra loro. Come fare?

Consideriamo l'istogramma intensità per ognuna delle immagini da trattare ed equalizziamo opportunamente in modo che le intensità di bianco grigio acqua finiscano tutte nello stesso punto rispetto ad un riferimento uguale per tutte

Normalizzazione Teste II

E' necessario escludere lo scalpo della testa dal processo di normalizzazione

Non possiamo usare BET (Brain Extraction Tool) perchè non molto accurato

Lascia troppi tessuti oppure cancella una parte di cervello

La normalizzazione fallirebbe, si avrebbero teste non ben equalizzate e difficili da confrontare

Serve un altro metodo!

NORMALIZZAZIONE TESTE III

- Registriamo tutte le teste su di un template con registrazione a 9 parametri
- speranza:corrispondenza zone (convergenza)
- Scegliamo una zona arbitraria (contenente proporzioni in quantità simile anche nelle teste soggette ad atrofia)
- Registriamo questa zona su tutte le teste
- Normalizziamo gli histogrammi della zona registrata
- Applichiamo trasformazione alle teste intere

Normalizzazione Teste V

- Se una testa viene registrata male, quasi certamente avrà una normalizzazione non adeguata
- Per migliorare il processo, registriamo tutte le teste su una intermedia (più simile), che poi registriamo sul template

Vantaggi

E' un sistema molto robusto

Non siamo vincolati a togliere lo "scalpo" delle teste

Possiamo adattare la zona a seconda delle necessità

Non rischiamo di normalizzare punti fuori dal cervello

Da un campione di 90 teste tutte sono venute correttamente registrate e normalizzate

Utilizzo delle risorse di calcolo

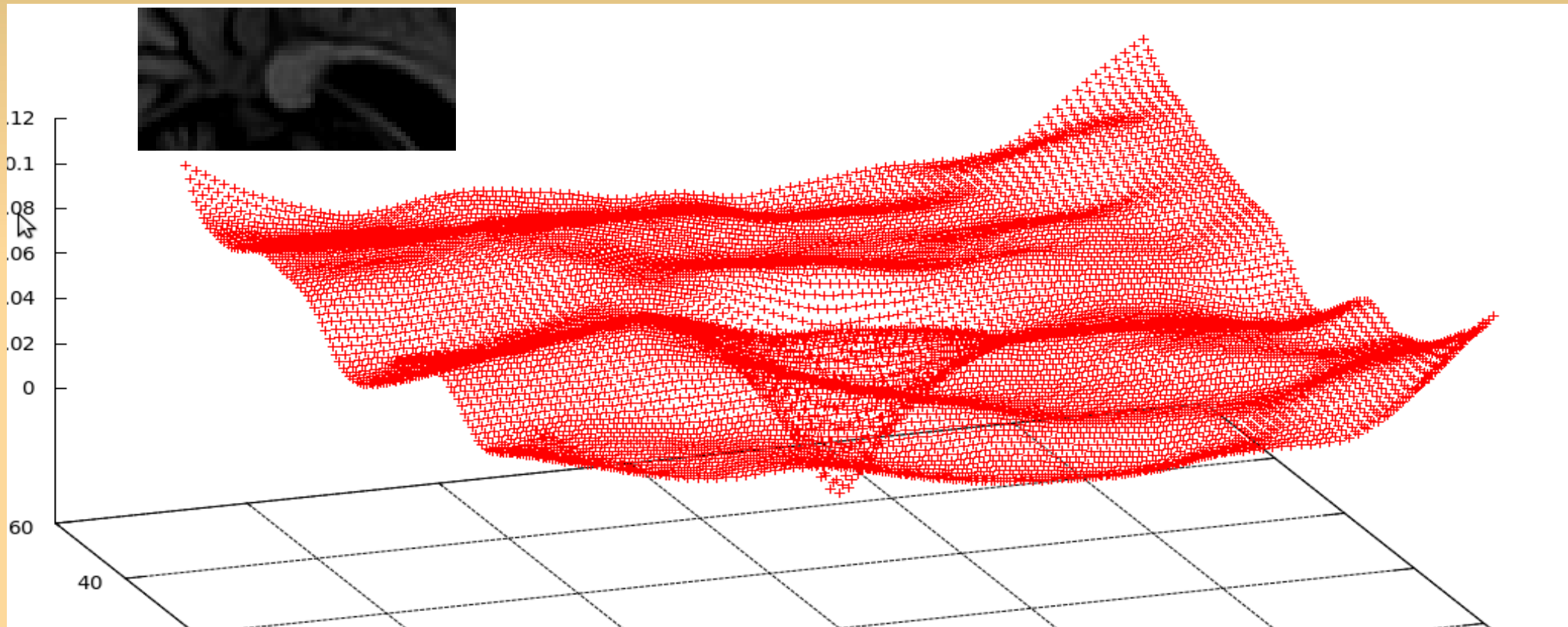
- Durante l'analisi e' stata effettuata una statistica di utilizzo delle risorse di calcolo (cpu, memoria RAM, disco, rete), in modo da localizzare eventuali colli di bottiglia.
- Il throughput misurato per il disco locale delle macchine e' irrisorio (meno di 1 MB/s): i dati sono condivisi attraverso un file system di rete.
- Il throughput di rete e' ampiamente sotto le capacita' del sistema (picchi massimi di circa 1GB/s per macchina, media di circa 2.8 MB/s per macchina).
- L'utilizzo delle CPU e' pressoché **al 100% delle risorse disponibili** per tutta la durata dell'analisi. Il consumo totale del cpu-time e' dovuto a 3 fattori:
 - La tipologia dei job di analisi (CPU bounded)
 - La modularita' del software di analisi
 - La parallelizzazione del processo di analisi attuata dalla LONI Pipeline

LONI Pipeline e NEUGRID

- Progetto europeo di sviluppo di una infrastruttura GRID-like finalizzata allo storage e all'analisi di neuro-immagini
- Il middleware e' basato su gLite e utilizza come database di immagini LORIS (sviluppato nell'ambito del progetto CBRAIN <http://cbrain.mcgill.ca/>)
- Alla conferenza MICCAI 2009, NEUGRID presenta il progetto di collaborazione con la LONI per **integrare la LONI Pipeline con gLite**. La collaborazione ha avuto come effetto iniziale lo sviluppo di un plugin per la Pipeline (dalla versione 4.4) che rende possibile la customizzazione dell'interfaccia di sottomissione dei job al batch system. Cio' apre nuovi scenari:
 - Possibile test dell'algoritmo di estrazione ed analisi delle scatole su NEUGRID
 - Possibilita' di integrazione della pipeline su INFN-GRID (anche solo come proof of concept)
 - Possibilita' di integrazione con LSF senza utilizzare i DRMAA java binding (assenti per LSF)

Registrazione I

Come migliorare il processo della registrazione:

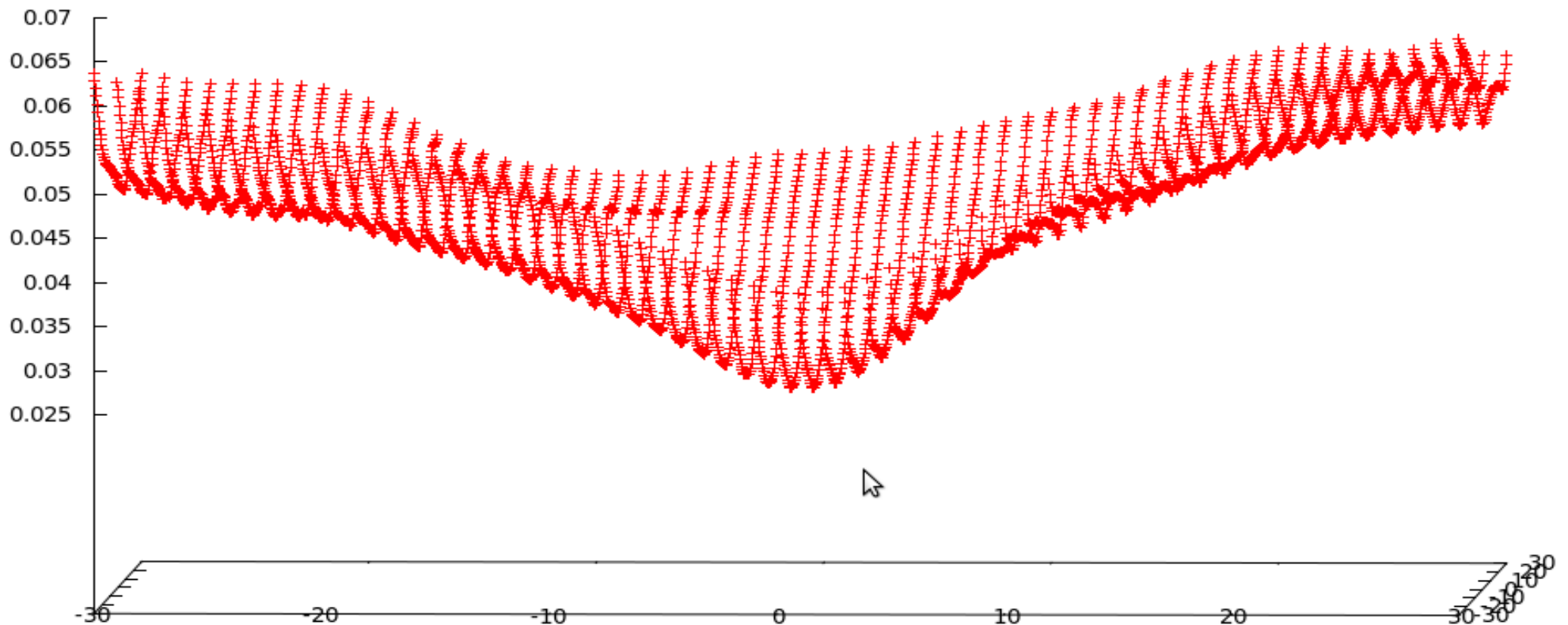


Trovare minimo corretto della metrica adeguata

Porta all'idea del "BAGGIO CONVERGENZA"

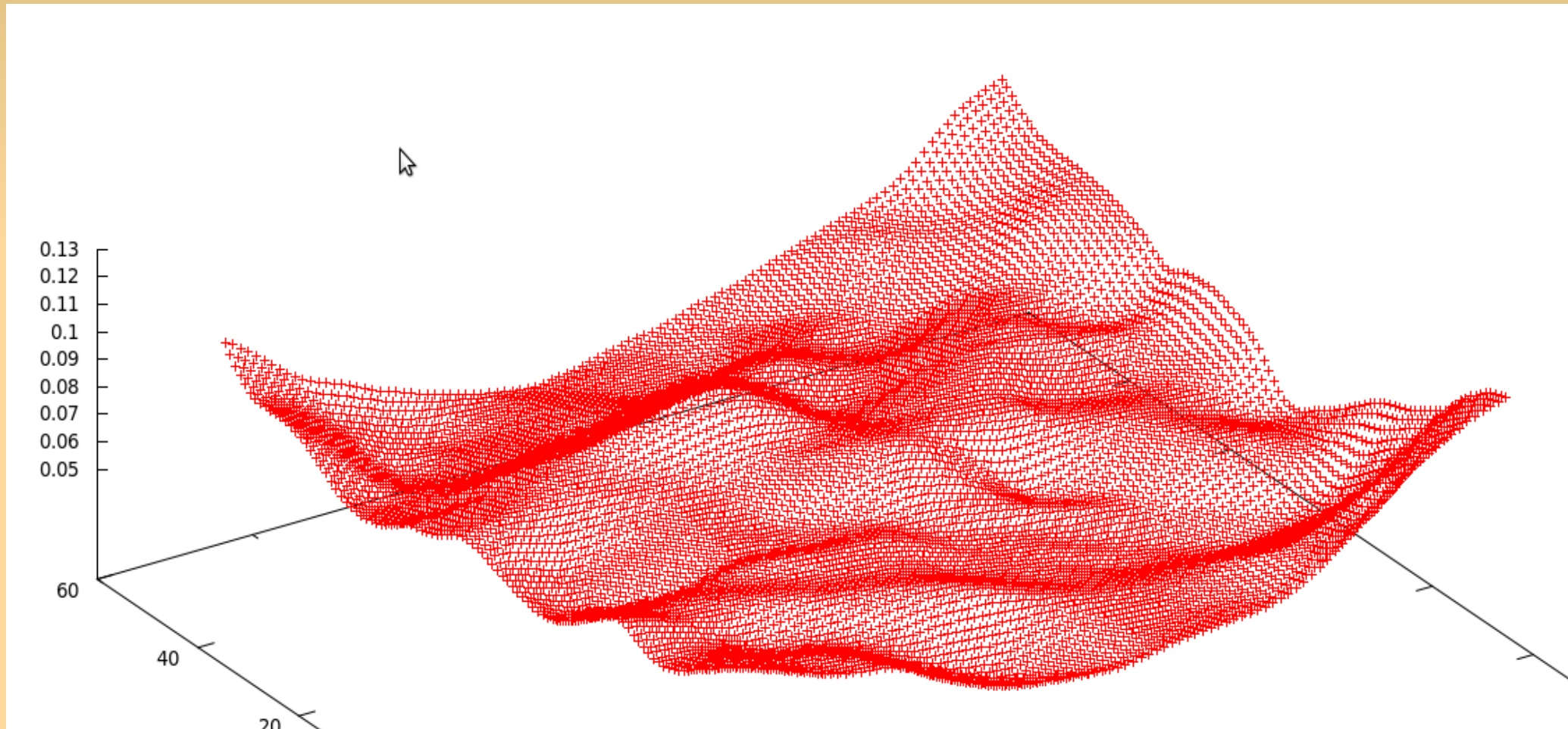
Registrazione II

Box estratta da una testa registrata su un'altra testa (no rotazione ma z spostata 5 mm)



Registrazione III

Partendo da un immagine ruotata sui 3 assi:



E' compito dell'ottimizzatore "far emergere" il minimo

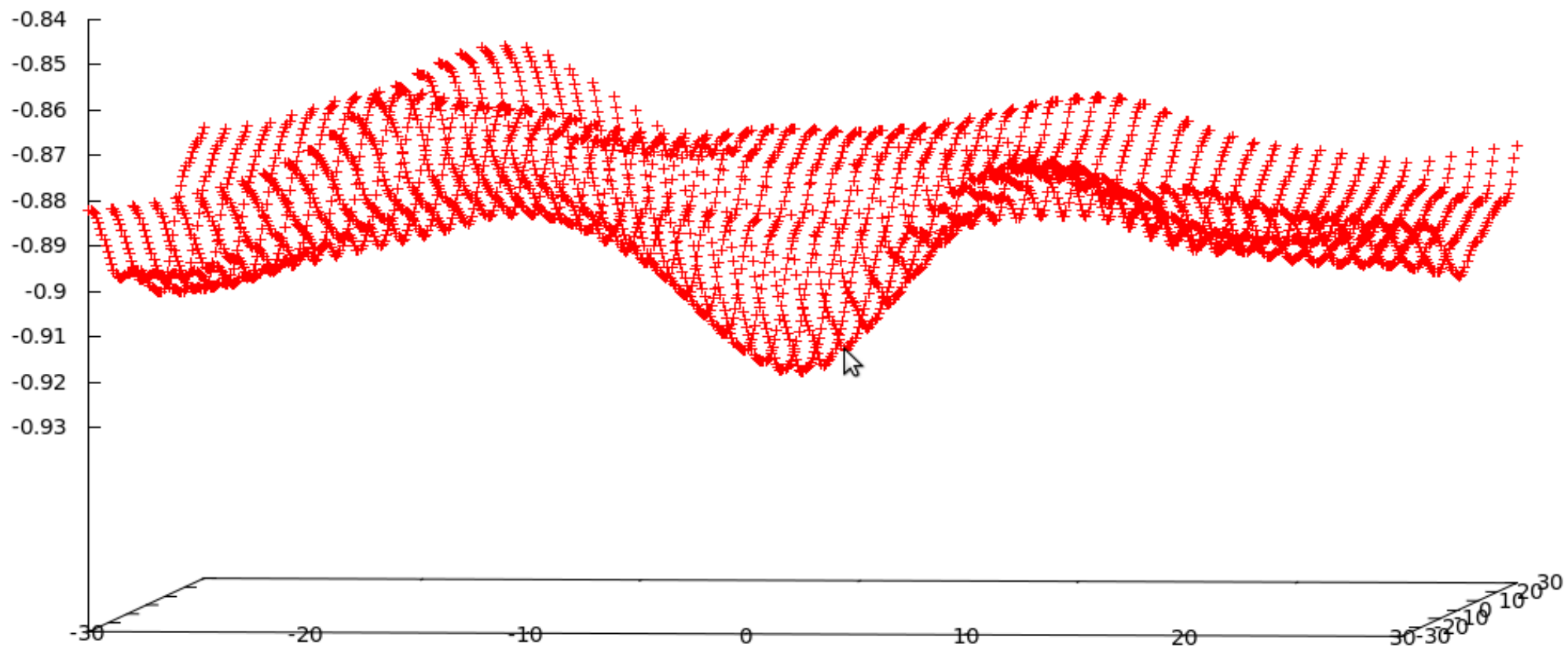
Registrazione IV

I grafici sono stati ottenuti :

- Metrica MeanSquare
- Immagini già normalizzate
- Con passi di 1 mm lungo gli assi
- Ascissa variazioni asse X mentre su ordinate Y
- Mantenendo fermo l'asse z
- Con altre metriche nascono altri minimi di profondità non "facilmente" trascurabile (simili)
- Anche se visivamente semplice, l'ottimizzatore

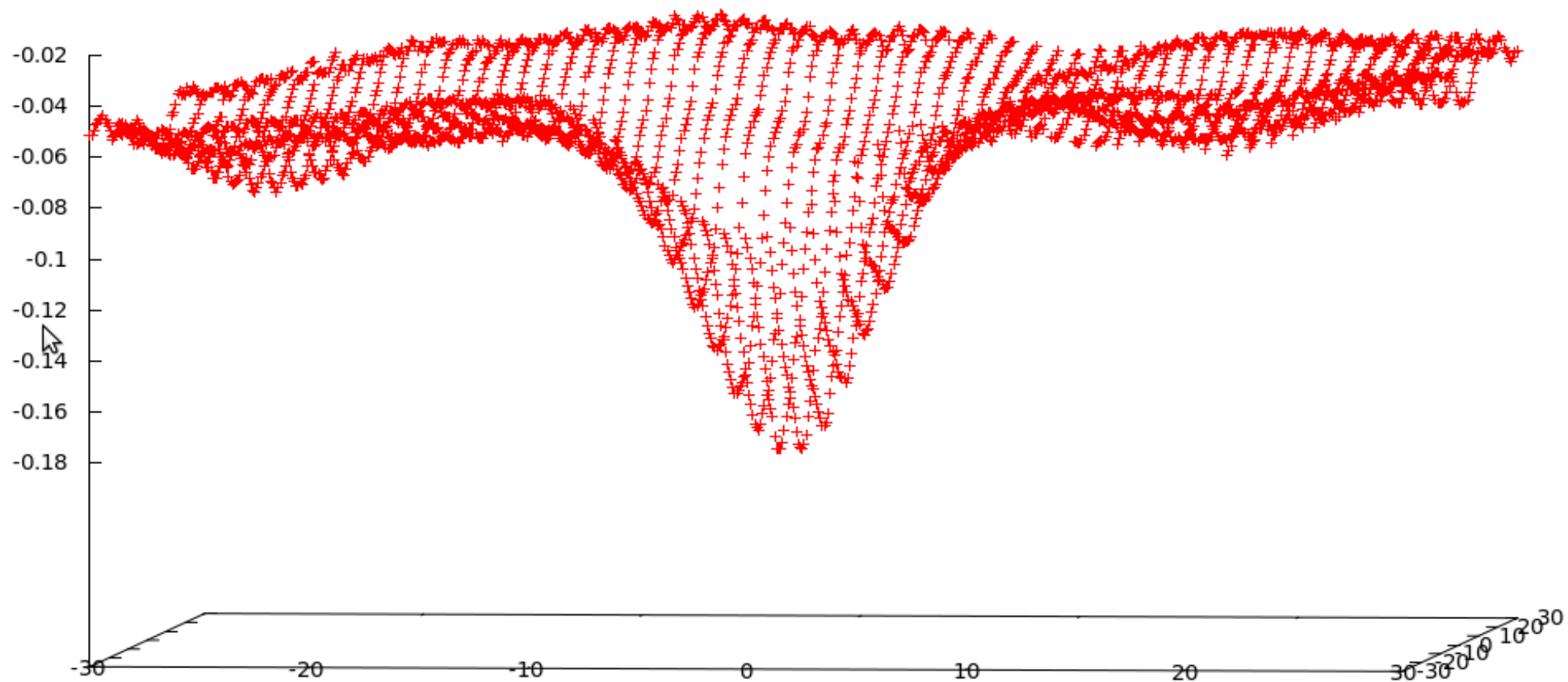
Registrazione V

Usando la metrica NormalizedCorrelation(con stessi dati di prima):



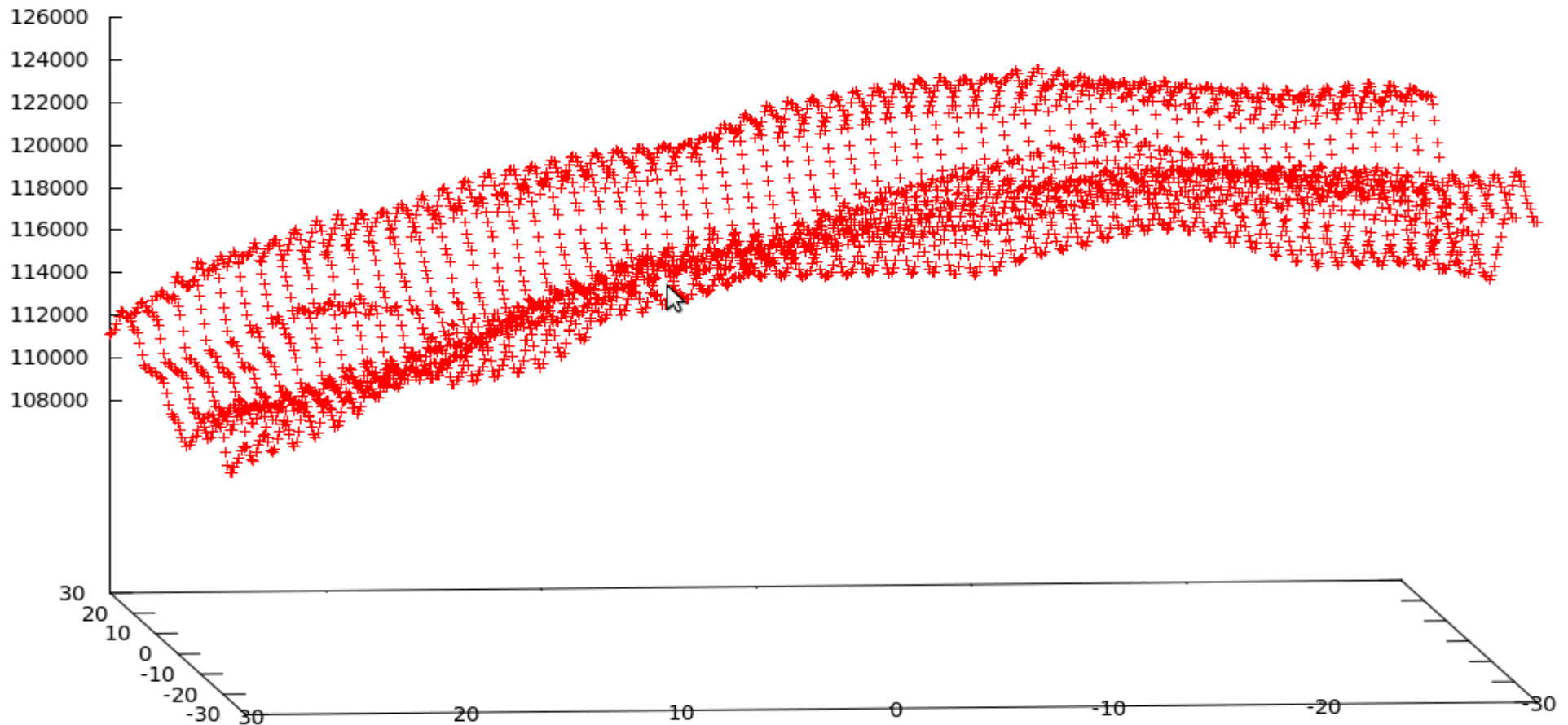
Registrazione VI

Usando la metrica MattesMutualInformation
(con stessi dati di prima):



Registrazione VII

Usando la metrica Gradient (con stessi dati di prima):



Problemi registrazione

- Ogni metrica ha un suo raggio di convergenza
- Ogni zona del cervello ha un suo raggio di cattura
- Partendo da immagini "distanti" tra loro non si riesce a registrare correttamente
- "Distante" è dell'ordine di 2 cm
- E' necessario migliorare l'algoritmo

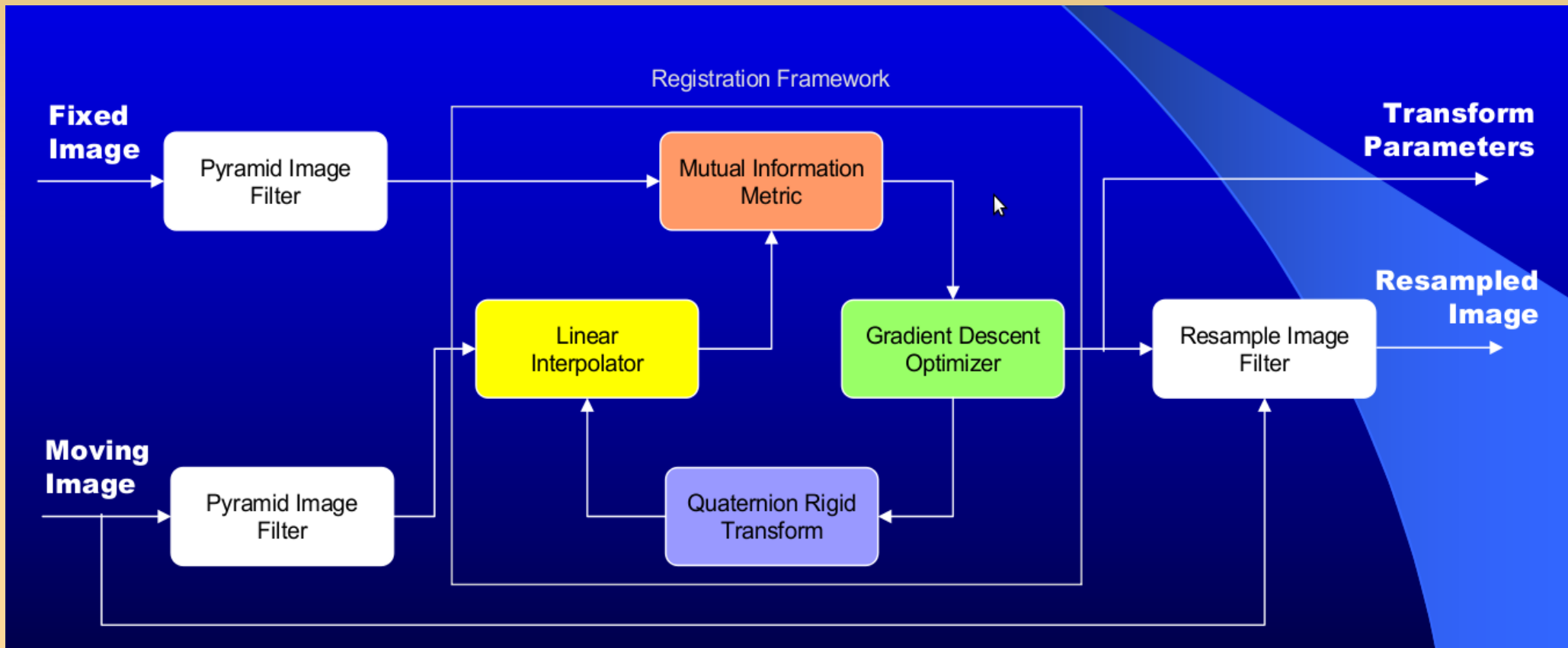
Soluzione

Due strade per migliorare la registrazione:

- Registrazione MultiResolution (molto diffusa)
- Registrazione MultiStep (recente)

MultiResolution I

Registrazione MultiResolution:



MultiResolution II

- Diminuisce la risoluzione delle immagini
 - Le registra insieme
 - applica la stessa trasformazione alle immagini con risoluzione maggiore
 - itera un numero di volte predeterminato dal programmatore
- ...Ma le immagini non possono essere troppo piccole (scalate diventerebbero dei puntini)

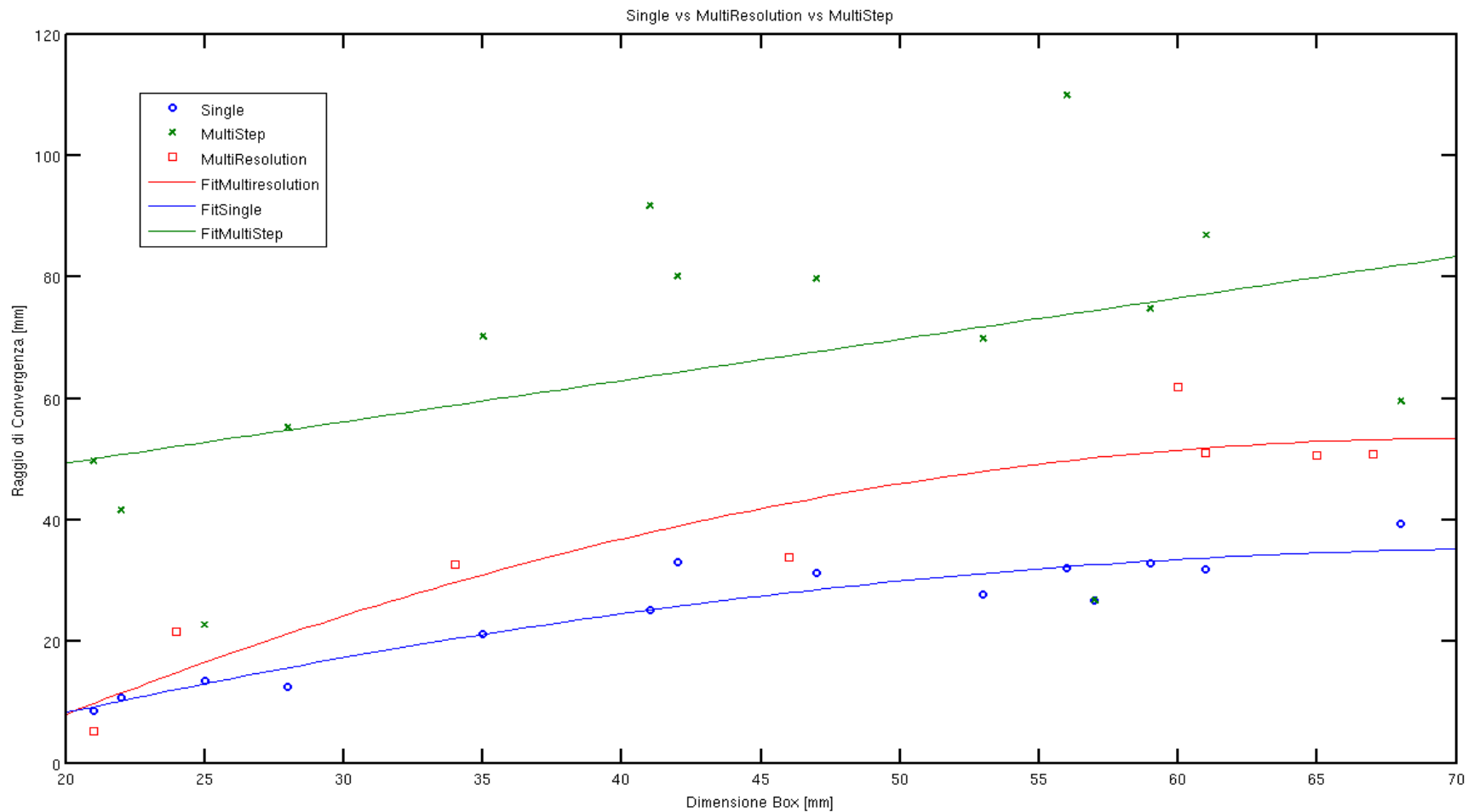
MultiResolution III

...Ma le immagini non possono essere troppo piccole:

- Piccolo script che estragga scatole di dimensione, posizioni, angoli casuali
- Chiami la registrazione con punti di partenza diversi per verificare il risultato in funzione del raggio

MultiResolution IV

Metrica: MeanSquare su immagini Normalizzate



MultiStep

L'idea è di usare lo stesso principio della MultiResolution ma invece che cambiare "Risoluzione" aumentare lo smooth

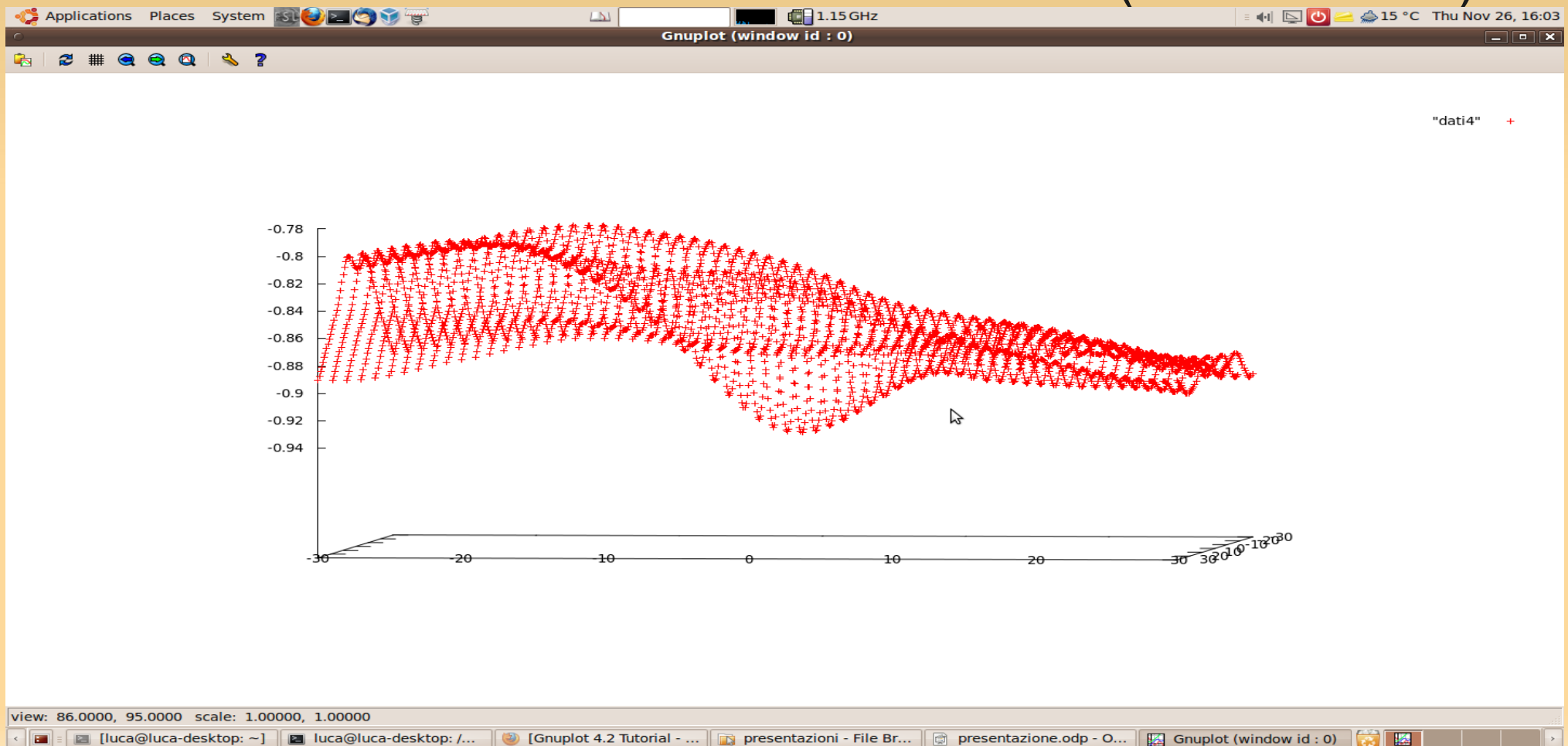
I "falsi" minimi vengono cancellati (si spera!)

...Ma per immagini di dimensioni "piccole" esistono dei minimi più profondi che il minimo corretto (per definizione immagine piccola non porta con sé sufficienti informazioni)

E' importantissimo regolare i parametri per non uscire dal minimo corretto

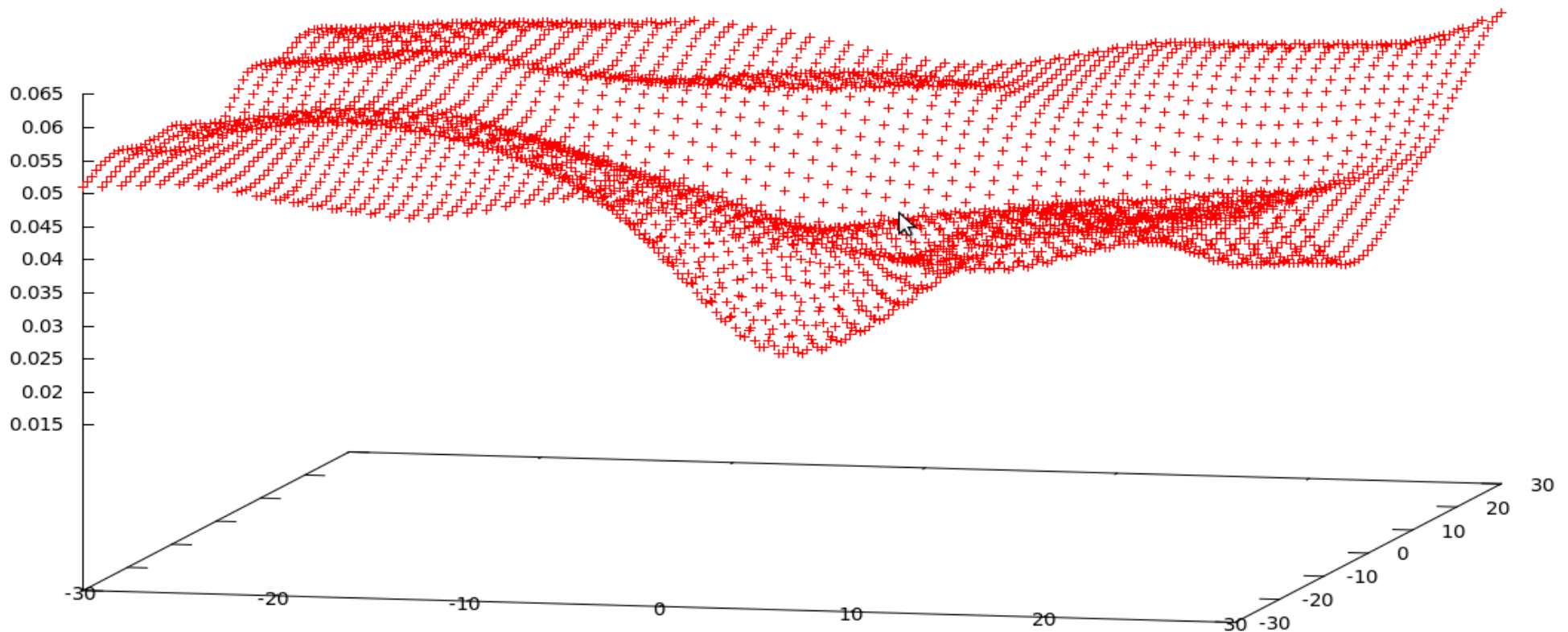
MultiStep II

..Per definizione immagine piccola non porta con sè sufficienti informazioni. Es (Correlation):



MultiStep III

..Con la MeanSquare invece (le informazioni sono ancora sufficienti):



Metrica I

Quale metrica usare?

Ogni metrica è giustificata da fondamenti teorici che ne evidenziano i limiti d'uso ed i campi di applicazione

Escluse le metriche non adeguate (Es: MeanSquare con immagini non normalizzate) sono necessari svariati tentativi

Metrica II

Qualcuno scrisse: Siamo veramente coscienti di un problema quando riusciamo a spiegarlo ad un computer

Per un occhio umano allenato è facile riconoscere le strutture nel cervello (come?)

La metrica Gradient distingue i contorni esattamente come noi riconosciamo le varie strutture

MA E' ANCORA SPERIMENTALE...

Metrica III

Registrazione rigida per immagini "grandi":

Partenza da un campione di 90 teste suddiviso in parti uguali tra Normali, MCI, AD

Registrazione teste su una testa "template" con sistema MultiResolution

Più metriche riescono a registrare correttamente (quasi) tutte le immagini

La più adeguata è risultata essere la NormalizedCorrelation

Metrica IV

Registrazione rigida per immagini "piccole":

Partenza da un campione di 90 teste suddiviso in parti uguali tra Normali, MCI, AD

Registrazione teste su una box contenente l'ippocampo con sistema MultiStep

Pochissime metriche riescono a registrare correttamente tutte le teste (forse nessuna)

La più adeguata (per la velocità, anche se di poco) è risultata essere la MeanSquare

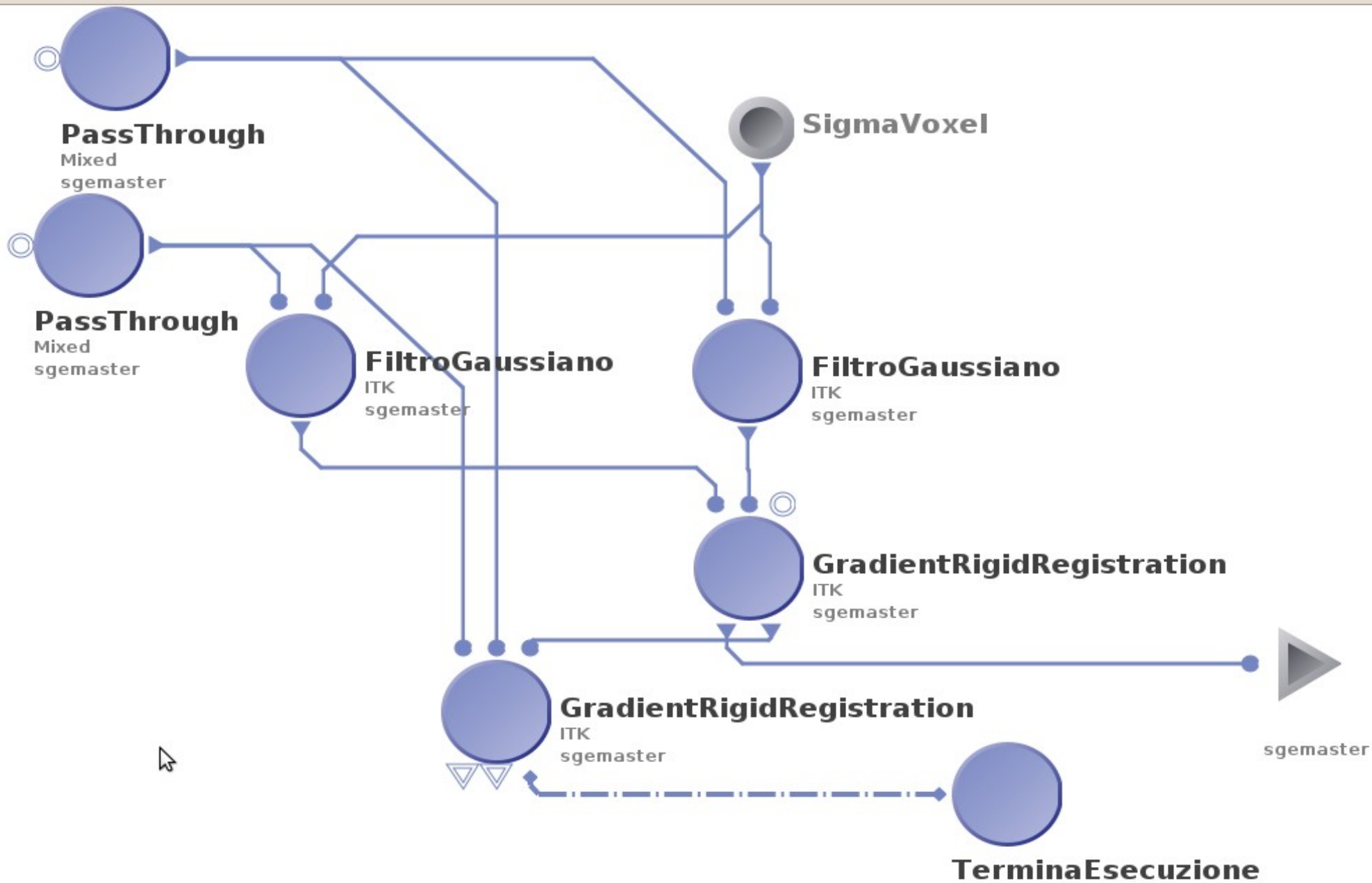
IN PRATICA

Come facciamo ora..

Registrazione MultiResolution con metrica NormalizedCorrelation per immagini grandi (Usando Flirt) in più passaggi con differenti gradi di libertà

Registrazione MultiStep con metrica NormalizedCorrelation e smooth Gaussiana per immagini piccole (ITK)

Registrazione PIPE



Attualmente

Aspettiamo i risultati dell'estrazione dei templates per trovare il numero più adeguato

