

## STUDIO DELLE PARTICELLE ALFA DI UNA SORGENTE RADIOATTIVA PER MEZZO DI UNA CAMERA A IONIZZAZIONE

### ESECUZIONE DA REMOTO PER EMERGENZA COVID-2019

Visto il protrarsi delle restrizioni per contrastare la diffusione del coronavirus, abbiamo modificato l'esperienza di Bragg in modo da poter essere eseguita, almeno in parte, da remoto. Non sarà possibile eseguire tutte le fasi dell'esperienza come negli anni scorsi, comunque le operazioni accessibili permettono di farsi un'idea abbastanza precisa del funzionamento del dispositivo e dei principali aspetti di fisica dell'esperimento.

Riferirsi al documento **LineeGuidaPerConnessione.pdf** disponibile sul sito moodle del corso ( Spettroscopia -> Laboratorio ) per tutte le indicazioni necessarie ad effettuare il collegamento

### Logbook elettronico

Nel computer della postazione è predefinita una directory DATI\_GRUPPI (/home/labo/DATI\_GRUPPI) all'interno della quale dovrete creare una sub-directory *gruppoN* con il numero del vostro gruppo.

I dati grezzi e analizzati e i risultati principali vanno salvati in questa directory (*logbook elettronico*). *Vedete nei paragrafi successivi e in fondo a questo documento la lista delle informazioni da produrre durante l'esecuzione dell'esperimento.*

### Computer della postazione

Ogni postazione è dotata di un PC con sistema operativo Linux CentOS 7 su cui opererete da remoto. Come specificato nelle Linee Guida, *alla fine del turno non spegnere il computer e non chiudere la sessione – uscire chiudendo semplicemente VNC Viewer.*

### Materiale e strumentazione disponibile

- una camera a ionizzazione tipo Bragg cilindrica con un volume di gas di circa 100 mm  $\varnothing$  x 120 mm h , dotata di preamplificatore di carica, riempita con una miscela di Ar + CH<sub>4</sub> all' 1%.
- un crate NIM con moduli di elettronica comprendente:
  - o un amplificatore CANBERRA 2021 o simile
  - o un Flash ADC custom, 8 bit, 10 MS/s , 4 V input range
  - o un modulo HV (High Voltage) NHQ 112M pilotato in automatico da computer
- un PC con sistema operativo Linux Centos 7
- una sorgente alfa tripla (Am-241, Pu-239, Cm-244) inserita all'interno della camera di Bragg in prossimità del catodo (in basso)

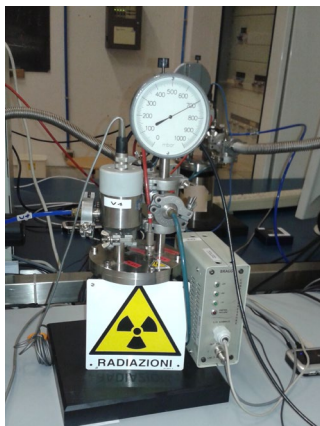


Figura 1: camera di Bragg (sinistra) e cassetto dell'elettronica (destra)

## Software

- **CONTROLLO PRESSIONE:** è un'applicazione per Arduino con interfaccia utente ROOT e serve per controllare la pressione della camera e l'intensità del campo elettrico. Si accede cliccando sull'icona con il disegno del manometro situata sul Desktop. Il programma regola automaticamente l'HV in modo da mantenere costante il campo ridotto E/p
  - **il programma di solito**, quando vi loggate, **è già aperto**, in quanto per ripulire le camere da impurezze depositate e stabilizzare il flusso occorre attivare il circolo del gas almeno un paio d'ore prima.
  - Se non lo fosse o dovesse bloccarsi per qualche ragione, si può riattivare dal link che trovate sul Desktop (PressureControl).
  - Impostare la pressione voluta e premere enter. Il bottone verde Start si attiva e a questo punto potete premerlo per avviare effettivamente il flusso. Gli indicatori in blu mostrano i valori di Pressure e Voltage visti dall'arduino.
  - Per modificare il valore premere Stop, inserire il nuovo valore e far ripartire.

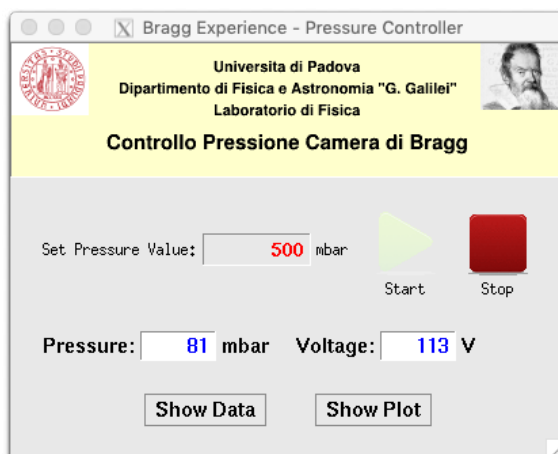


Figura 2: finestra di controllo della pressione

- Nella versione modificata di quest'anno il valore nel campo Pressure è di colore **rosso** finché la pressione non è stabilizzata e diventa **blu** quando potete cominciare a misurare

- **DAQ** : l'acquisizione dei dati gira sotto ROOT:
  - aprire un terminale
  - digitare l'alias "*root6*" per inizializzare il path e le variabili di ambiente
  - spostarsi sulla directory di lavoro *DATI\_GRUPPI/gruppoN*
  - far partire ROOT
  - al prompt caricare la libreria e creare la classe che gestisce l'acquisizione:  
`root[0] gSystem->Load("libLabNuc.so");`  
`root[1] new LabNuc;`
  - inserire il numero del gruppo e premere il bottone *Bragg* nella finestra principale
  - posizionare le finestre in modo da averle tutte accessibili tipo in figura 3

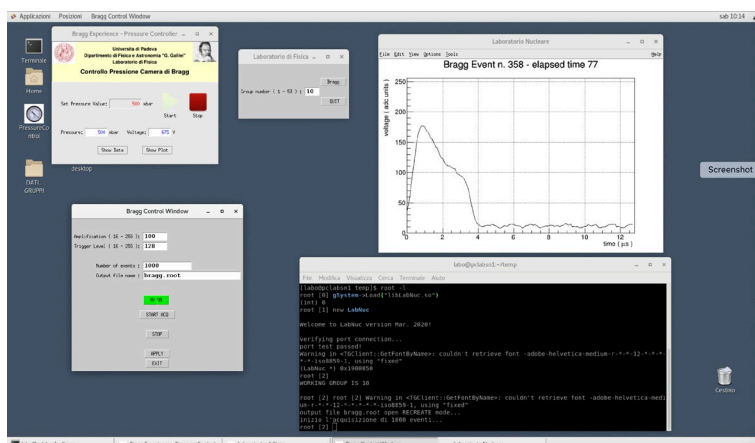


Figura 3: esempio di sessione di lavoro su un PC del laboratorio

## Sequenza operazioni

- **Accensione elettronica e riconoscimento dei moduli**
  - camera di bragg + circuito gas + preamplificatore
  - Amplificatore-formatore (*connettori e controlli principali*)
    - Input polarity
    - Input/Output connectors
    - Coarse Gain / Fine Gain
    - Shaping Time
    - Pole-zero (trimmer)
  - Flash ADC
    - Trigger Level a 8 bit selezionabile settando meccanicamente i bit del registro
    - Input connector
  - HV
    - è abilitato solo l'ON/OFF
- Operando da remoto non è ovviamente possibile agire sui comandi manuali dei moduli di elettronica. Il setup è pertanto già assemblato e regolato su dei valori di normale funzionamento.
- Sono state abilitate solo poche funzioni accessibili da remoto:
  - Accensione/spengimento dell'HV (si ricorda che il valore è determinato in modo automatico in base alla pressione impostata)

- *Modifica dell'amplificazione e del livello del trigger: è stato introdotto un fattore di modifica software del livello di amplificazione e di trigger che agisce sui segnali acquisiti, con lo scopo di simulare le operazioni di settaggio di questi due parametri. La variazione è permessa in un range limitato (tra 16 e 255 a.u.)*

#### - **Settings preliminari**

- ⊕ Impostare la pressione a 600 mb e attendere la stabilizzazione.
- Lo Shaping Time dell'amplificatore è preimpostato al valore minimo (0.25  $\mu$ s)
- Settare il Trigger Level intorno a 1.5 V (il FS dell'ADC è pari a 4 V, che sono convertiti su 8 bit = 256 caselle. Il valore numerico del trigger sarà in proporzione)
- Regolare l'amplificazione in modo da avere il picco di Bragg intorno a 3 V (i segnali dovranno arrivare a circa 3/4 della scala verticale).
- Effettuare un'acquisizione di prova con un centinaio di eventi

*ATTENZIONE 1 : verificare sulla finestra grafica che vengano visualizzate delle forme d'onda tipo fig. 4. Se il trigger è troppo alto o la tensione HV è spenta il programma gira lo stesso, in attesa degli eventi, che però non arrivano.*

*ATTENZIONE 2 : per l'analisi dei dati acquisiti è preferibile (non necessario, ma caldamente consigliato!) agire in una sessione indipendente di ROOT, senza interferire con l'acquisizione (che potete così anche lasciare in funzione finché analizzate i dati...): aprite un secondo terminale, posizionatevi sulla vostra directory di lavoro e lanciate nuovamente ROOT.*

- Visualizzare i segnali (vedi punto 1 della sezione sull'analisi dati) verificando che abbiamo le caratteristiche attese e prendere nota dell'altezza massima dei segnali buoni (picco di Bragg).
- Regolare il livello del trigger portandolo a circa il 60-70% del valore del picco di Bragg.

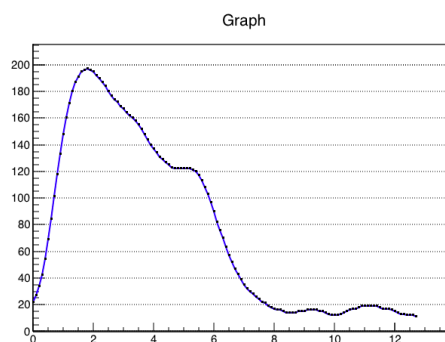


Figura 4: esempio di segnale

#### - **Prima misura delle particelle alfa**

- Acquisire un primo set di dati a 600 mb di sufficiente statistica (~3000 eventi)
- Prima di procedere con le altre misure effettuare il punto 2 dell'analisi di questo set di dati per accertarsi che tutto funzioni correttamente.

- **Misure al variare della pressione**

- prendere altri 4 set di misure (~3000 eventi) a 650 mb, 550 mb, 500 mb e 450 mb. Prima di ogni misura verificate l'altezza dei segnali e regolate sempre il livello del trigger in modo che sia sempre intorno all'60-70% del valore del picco. Non modificare l'amplificazione.
- Prendere infine 4 set di dati a statistica più bassa (~1500 eventi) intorno a 400 mb: 425 mb, 400 mb, 375 mb e 350 mb.

- **Analisi dati in laboratorio durante l'acquisizione delle misure**

- La sorgente è molto debole e ogni misura richiede oltre una decina di minuti. Finché procedete con l'acquisizione dei dati potete già iniziare l'analisi utilizzando un'altra finestra di terminale (in modo da non interferire con la presa dati).
- Completate l'analisi del dataset a 600 mb e alcune altre operazioni sugli altri dataset, come specificato nel seguito.

## Analisi dei dati

- Sono disponibili alcune macro per l'analisi dei dati in laboratorio:
  - [PlotSignals.C](#) : per visualizzare i segnali registrati
  - [AnaBragg.C](#) : per creare un'ntupla con le informazioni dei segnali analizzati singolarmente
- Le macro si trovano in [/home/studenti/macro](#)<sup>1</sup>

### 1. Controllo della forma dei segnali:

- a. Utilizzando la macro PlotSignals.C disegnare un centinaio di segnali uno sopra l'altro e:
  1. verificare che i massimi siano tutti più o meno attorno allo stesso valore (plot a sinistra)
  2. verificare che si vedano 3 "fasce" corrispondenti ai 3 diversi tempi di frenamento delle 3 energie diverse delle sorgenti (plot a destra)
  3. espandere le code dei segnali e determinare approssimativamente il valore della tensione continua di fondo (*baseline*)

---

<sup>1</sup> Attenzione: non è la vostra \$HOME, il path è proprio [/home/studenti/macro](#) e parte dalla radice /.

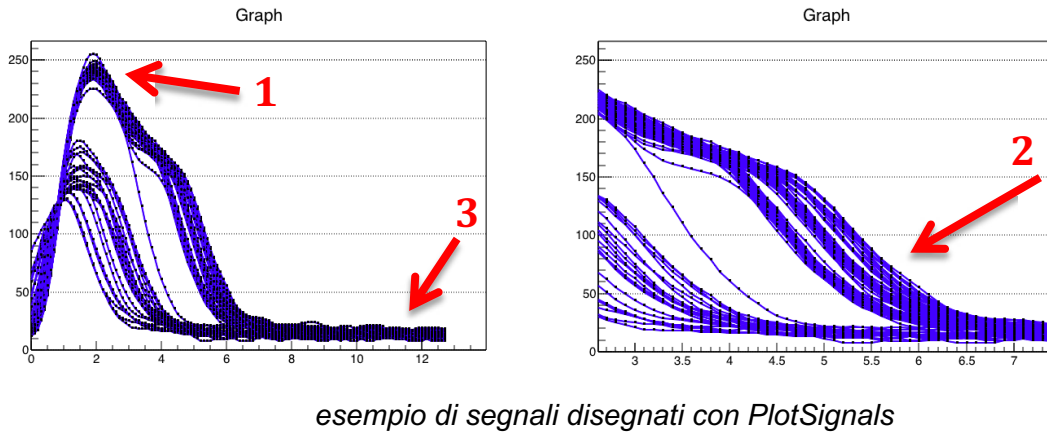


Figura 5:

- b. Salvare i grafici come figura (.gif, .png, ...) nella directory di lavoro (logbook elettronico): es: `root[1] csig->Print("segnali.gif");`

## 2. Verifica del corretto funzionamento della camera:

- a. Copiatevi la macro AnaBragg.C nella vostra directory di lavoro, in modo da poterla successivamente modificare.  
b. Utilizzate la macro per creare un'ntupla con i risultati dell'analisi evento per evento. La funzione principale ha la seguente forma :

`int AnaBragg(char* filename, int into = 128, float blfix = 13, int nsig = 0)`

**filename** = nome del file dei dati acquisiti (.root)

**into** = limite dei campioni da integrare (128 = 12.8 us = tutto l'asse X) ← in base alla durata dei segnali potete ridurre questo valore

**blfix** = valore della baseline ← inserite il valore stimato in precedenza

**nsig** = numero dei segnali da analizzare (0 = tutti)

`nt->Print();` per vedere il contenuto dell'ntupla

- c. La macro ha predefinito il calcolo dell'integrale e la ricerca del massimo. Potete editare la macro per modificare i valori predefiniti adattandoli alle vostre misure.  
d. Analizzate il file degli eventi a 600 mb. Plottate l'integrale (energia) verificando di vedere 3 picchi ben distinti (plot a sinistra) e il massimo (picco di Bragg), dove dovreste trovare un singolo picco (plot a destra)

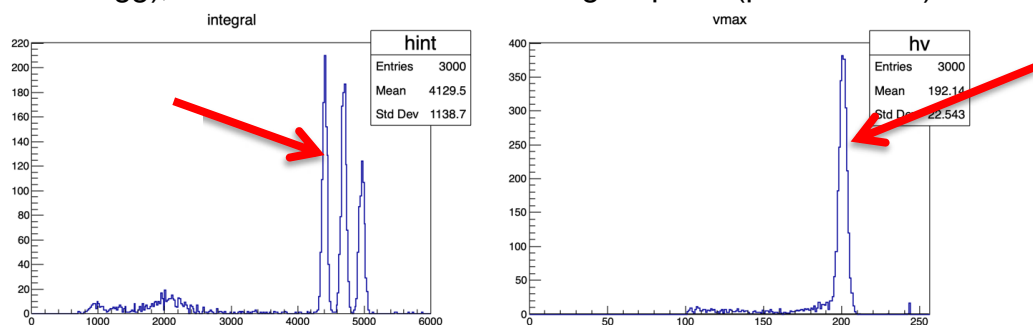


Figura 6: esempio di plot con AnaBragg : variabile integral (sinistra) e variabile vmax (destra)



- e. Plottare le energie e i massimi in funzione del numero di evento per verificare la stabilità della presa dati: le bande dovrebbero essere approssimativamente orizzontali

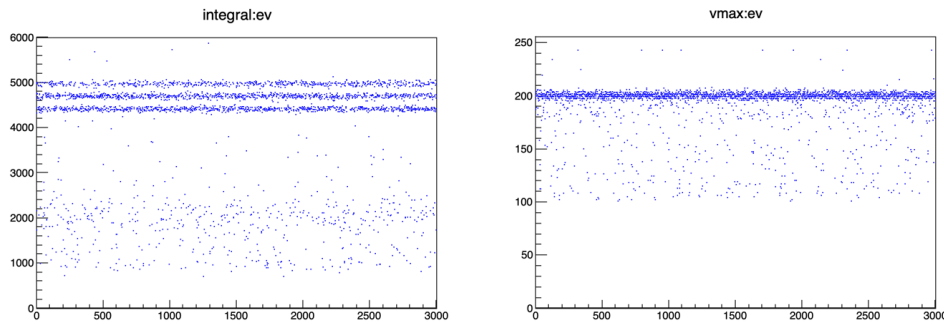


Figura 7: esempio di plot bidimensionali per controllo stabilità

- f. Plottare anche il valore del massimo vs. integrale  
 g. Salvare tutti questi plot per i dati a 600 mb come figure (.gif, .png, ...) nella directory di lavoro (logbook elettronico)

### 3. Misura della risoluzione energetica (solo dataset a 600 mb)

- a. Determinare le posizioni dei picchi e associargli le energie delle tre sorgenti.  
*Nota: ogni sorgente emette più alfa di diverse energie: cercare su internet (es. DDEP) le energie e intensità delle 2-3 righe principali. Attenzione alla differenza tra “ $\alpha$  transitions” e “ $\alpha$  emissions”...*  
*Un modo semplice di procedere consiste nel fittare con una gaussiana la spalla destra del picco (da poco prima del massimo fino alla base a dx) e farle corrispondere l'energia della riga più alta e intensa...*
- b. salvare le figure dei 3 fit con la pad dei risultati in formato immagine (logbook elettronico).
- c. Rappresentare in grafico la corrispondenza tra posizione(canale) ed energia (plot a sinistra), determinare il coefficiente di conversione canale-energia e quindi la risoluzione energetica  $R = \text{FWHM}_E / E_\alpha$  come media dei valori trovati per i tre picchi.

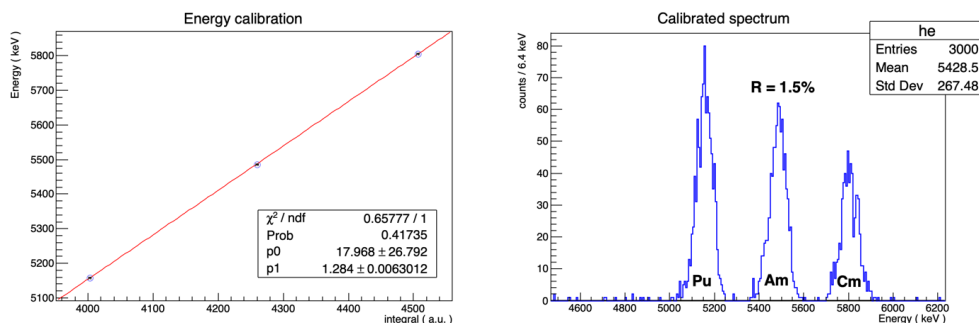


Figura 8: calibrazione in energia e plot ricalibrato

- d. Salvare il grafico di calibrazione e il plot calibrato dei picchi sia come figure (.gif, .png, ...) che come file root (.root) nella directory di lavoro (logbook elettronico)

#### 4. Misure alle altre pressioni

##### Durante la sessione di laboratorio:

- a. Per ogni valore di pressione plottate il valore del massimo vs. integrale *Cosa succede per le misure a più bassa pressione? cercate un'interpretazione fisica per i risultati ottenuti.*
- b. Salvare i plot  $v_{max}$  vs. integral in formato grafico (logbook elettronico)

##### A casa, per la relazione:

- c. Per le pressioni principali (con 3000 misure) ricavare le posizioni dei centroidi delle alfa delle sorgenti e i valori di  $v_{max}$  e plottarli in funzione della pressione (*un plot per tutti i centroidi vs.  $p$ , un plot per tutti i  $v_{max}$  vs.  $p$* ).

#### 5. Stima del range delle alfa alle diverse pressioni

##### Durante la sessione di laboratorio:

- a. Per la pressione a 400 mb disegnare un centinaio di eventi e determinare in modo approssimato (dal grafico dei segnali) la larghezza temporale dei segnali più lunghi, stimando i tempi medi necessari per raggiungere il 30% dell'ampiezza massima, in salita e in discesa. La differenza dei due tempi viene presa come lunghezza media di questi segnali.
- b. Calcolare la velocità di drift degli elettroni.
- c. Determinare in modo analogo la durata dei segnali delle alfa dell'Americio (picco centrale) alle pressioni di 450, 550 e 650 mb, da cui ricavare una stima approssimata dei range.
- d. Mettere in grafico i range stimati in funzione dell'inverso della pressione e **salvare il plot in formato grafico (logbook elettronico).**

##### A casa, per la relazione:

- a. Implementare nella macro AnaBragg.C la misura della larghezza temporale del segnale (campo *width* nell'ntupla), prendendo come riferimenti temporali i valori per i quali il segnale passa per il 30% del valore massimo.
- b. Stimare in modo più preciso la velocità di drift degli elettroni utilizzando le misure a bassa pressione: dall'analisi dei plot bidimensionali ( $v_{max}$  vs. *integral*), ( $v_{max}$  vs. *width*) e (*width* vs. *integral*) identificare le condizioni per selezionare al meglio le particelle che non vengono fermate completamente nel volume di gas e sbattono sull'anodo. Utilizzare questa selezione per ricavare in modo pulito il tempo che impiegano gli elettroni ad attraversare tutta la lunghezza della camera.
- c. Calcolare quindi i range alle pressioni maggiori per tutti e 3 gli isotopi.
- d. Verificare la legge di Bragg-Kleeman (corrispondenza pressione-range).



## Logbook elettronico

I dati acquisiti, i plot realizzati e le grandezze calcolate vanno lasciate nella directory gruppoN creata all'inizio. Più in dettaglio, nella directory ci dovrà essere:

- i dati grezzi acquisiti durante l'esperimento (root files)
- i plot in formato grafico e/o formato root indicati nelle sezioni precedenti
- file di testo con i risultati dell'analisi:
  - o posizioni dei picchi delle alfa a 600 mb e risultati della calibrazione lineare
  - o risoluzione per i tre picchi a 600 mb e risoluzione media
  - o stima della velocità di drift, calcolo dei range delle particelle alfa dell'Am alle tre pressioni indicate e plot R vs. 1/p

Alla fine dell'esperienza impacchettate tutto il materiale prodotto e sottomettete su moodle:

**ATTENZIONE: non è possibile trasferire dati dal PC remoto via ftp, quindi aprite il browser sul PC remoto ed eseguite da lì il login su moodle e il caricamento del materiale.**

Esempio di impacchettamento con **tar**:

- posizionarsi nella directory DATI\_GRUPPI: `cd /home/labo/DATI_GRUPPI`
- impacchettare: `tar cvfz logbook_gruppoN_bragg.tgz gruppoN`
- postare il file **logbook\_gruppoN\_bragg.tgz** su moodle.

Se volete completare qualche conto o qualche punto dell'analisi, potete sottomettere su moodle il materiale aggiuntivo entro la sera del giorno successivo.

## Comandi utili in ROOT per l'analisi dei dati

Qui di seguito alcuni esempi di righe di comando utili per l'analisi dei dati con ROOT

- **PlotSignals:**

- `PlotSignals("bragg500.root", 0, 50);` // plotta i primi 50 segnali uno sopra l'altro
- La scala verticale viene definita sulla base dell'ampiezza del primo segnale. Se è troppo piccola:
  - cliccare col tasto destro sulla scala verticale (yaxis) e selezionare `SetRangeUser`
  - introdurre gli estremi del range che si vuole visualizzare

- **AnaBragg:**

- `AnaBragg("bragg500.root", 70, 8);` // carica il file, analizza i segnali integrando fino al sample 70 (7 us) e usando 8 come valore di baseline.

### Istogrammi 1D

- `nt->Draw("integral");` // disegna il plot della variabile `integral` determinando range e binning in modo automatico.
- `nt->Draw("integral", "integral>3000");` // disegna il plot della variabile `integral` selezionando solo gli eventi con `integral > 3000`. Range e binning sempre automatici.
- `nt->Draw("integral">>hint(200,3000,5000));` // disegna il plot di `integral` in un istogramma custom di nome "hint" con 200 bin e range da 3000 a 5000
- `nt->Draw("width", "vmax<100 && integral>3000");` // disegna la larghezza `width` per eventi selezionati con `vmax` minore di 100 AND `integral > 3000`. La sintassi è quella del C++.

### Istogrammi 2D

- `nt->Draw("integral:ev");` `nt->Draw("vmax:integral");` // bidimensionali `y` (prima variabile) vs. `x` (seconda variabile, dopo i due punti). In entrambi i casi la scelta di range e binning è automatica
- `nt->Draw("vmax:integral">>hint2d(200,3000,5000,256,0,256));` // bidimensionale con binning e range fissati. Notare che nella definizione di `hint2d` i primi 3 campi si riferiscono alla `x` (quindi all'`integral`) e i secondi 3 alla `y` (`vmax`)
- `nt->Draw("vmax:integral">>hint(200,3000,5000,256,0,256)", "", "colz");` // come sopra, ma con l'opzione grafica "colz", molto utile per visualizzare in modo chiaro queste distribuzioni bidimensionali. Notare il campo centrale "" corrispondente a una stringa vuota di selezione.

### Calibrazione assi

- `nt->Draw("integral">>hint(200,3000,5000));` // disegnare il plot della variabile di interesse in un istogramma custom, in cui decidete voi binning e range
- Nella finestra dei comandi dovreste vedere il vostro istogramma nella lista degli oggetti. Digitate `.ls` e invio. Esempio:

```
root [6] .ls
TFile**      anabragg_bragg500.root
TFile*       anabragg_bragg500.root
OBJ: TTuple  nt          : 0 at: 0x7fad46ed68a0
OBJ: TH1F    hint       integral : 0 at: 0x7fad4456b330
OBJ: TH1F    hwidth    width : 0 at: 0x7fad4831f5a0
OBJ: TH2F    h2        integral:vmax : 0 at: 0x7fad450ee800
KEY: TTuple  nt;1
root [7]
```

- Potete anche digitare il nome dell'istogramma e dare invio. Esempio:

```
root [7] hint
(TH1F *) 0x7fad4456b330
root [8]
```

- Se non avete messaggi di errore significa che ROOT riconosce la scrittura "hint" come indirizzo dell'oggetto corrispondente e potete utilizzarlo per tutte le operazioni associate all'oggetto.
- `hint->GetXaxis()->Set(200, da, a);` // ricalibra l'asse X modificando il range dei 200 bin che ora andrà da "da" (corrispondente al valore 3000 grezzo) ad "a" (corrispondente a 5000).

Disegni e grafici utili sulla camera:

