

# NTA-PLASMONX

**PLA**sma acceleration and  
**MON**ochromatic **X**-ray production

*Danilo Giulietti, PI-INFN*

## ATTIVITA' SVOLTA FINO A GIUGNO 2010

L'attività di Progetto si è sviluppata principalmente presso i LNF ed in parte presso le altre Unità PLASMONX.

All'inizio di Settembre 2009 sono stati effettuati i tests di qualità della camera pulita e, subito dopo, i tecnici di AMPLITUDE TECHNOLOGIES hanno iniziato gli allineamenti delle componenti ottiche del laser di PLASMONX, che gradualmente, entro la fine del 2010, raggiungerà la sua potenza massima di 300TW, con i parametri di qualità del fascio previsti dal contratto. Nella primavera del 2010 è stato completato il trasporto del fascio dentro la sala (underground) dedicata agli esperimenti di accelerazione con il solo laser (self-injection) e nel giugno sono state installate le principali componenti necessarie per il primo esperimento di accelerazione: SITE (Self Injection Test Experiment). Il fascio del laser può attualmente essere focalizzato sul ga-jet, col quale è stato sincronizzato.

È stata svolta anche una attività di simulazione su diversi regimi di accelerazione a plasma nello schema di self-injection ed external injection.

Per quanto riguarda l'attività che concerne lo sviluppo della sorgente X da Thomson Scattering, accanto a nuove simulazioni che forniscono informazioni sulla radiazione che verrà utilizzata nelle applicazioni (BEATS2) è stata completata la progettazione della camera dedicata al TS e completati gli ordini per la realizzazione della linea di fascio elettronico, che sarà realizzata nella seconda metà del 2011.

Una descrizione dettagliata dell'attività PLASMONX nel 2009 è riportata nei files caricati in questa sezione.

Una parte non secondaria dell'attività è consistita nella formazione di giovane personale (laureandi e dottorandi) nel campo di ricerca proprio del progetto. È stata anche curata la partecipazione ai principali congressi dedicati alle tematiche di PLASMONX e pubblicati su riviste internazionali lavori attinenti al progetto.

Dettagli aggiornati sull'attività di progetto possono essere trovati sul sito <http://www.lnf.infn.it/acceleratori/plasmonx/> e links collegati.

## ATTIVITA' PREVISTA PER L'ANNO 2011

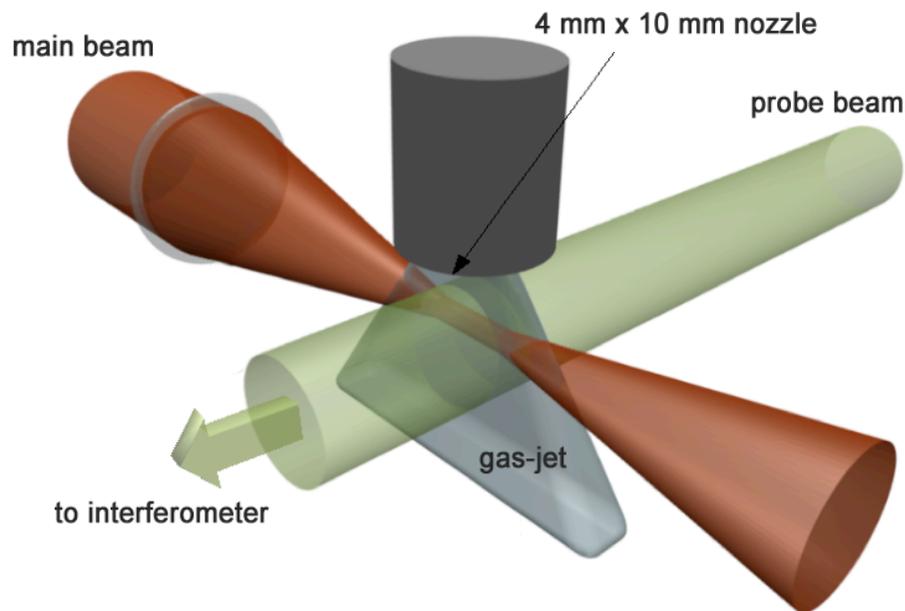
La seconda metà' del 2010 sarà dedicata ai primi esperimenti di accelerazione (self-injection) che prevedono la messa a punto delle diagnostiche relative alle particelle accelerate, ai parametri del plasma in cui avviene l'accelerazione ed alla propagazione del fascio laser che la sostiene. Verrà utilizzato come bersaglio dapprima un gas-jet supersonico che fornisce uno spessore della lamina di gas di 1.2 mm e successivamente uno da 4 mm. All'inizio del 2011 dovremo disporre delle Ottiche Adattive, necessarie per avere un controllo della distribuzione dell'energia degli impulsi laser nella regione di focalizzazione. L'installazione del sistema di monitoraggio del fascio laser e dello specchio deformabile, che ne corregge localmente la fase al fine di ottenere una focalizzazione vicina al limite diffrattivo, richiederà alcune settimane. Tuttavia i vantaggi che ci si attendono da un tale apparato sono considerevoli, fra questi: il raggiungimento di più elevati valori di intensità di irraggiamento a parità di dimensioni trasverse dello spot focale, una riduzione degli indesiderati effetti della filamentazione del fascio, una maggiore ripetibilità del processo di accelerazione laser-plasma. Nella primavera del 2011 inizierà l'installazione della linea di fascio di elettroni dedicata allo sviluppo della sorgente X-gamma basata sullo Scattering Thomson ed agli esperimenti di accelerazione laser-plasma, nello schema di external-injection. Entro la fine del 2011 contenteremo di aver completato il set-up della sorgente Thomson ed aver caratterizzato il fascio di radiazione X per gli users (BEATS2). Se avremo potuto acquisire un adeguato Rotatore di Faraday (necessario per proteggere il front-end del laser dalla riflessione sul plasma denso) prevediamo di effettuare le prime interazioni con i bersagli solidi sottili (LILIA) entro la fine del 2011. Lo sviluppo di questo intenso programma è chiaramente subordinato alle autorizzazioni ad operare che dovranno pervenirci dal Servizio di Radioprotezione dei LNF. In fine contiamo di aver completato entro la prima metà del 2011 la progettazione della camera di interazione per gli esperimenti di accelerazione a plasma nello schema di external-injection.

**SELF-INJECTION TEST  
EXPERIMENT  
(SITE)**

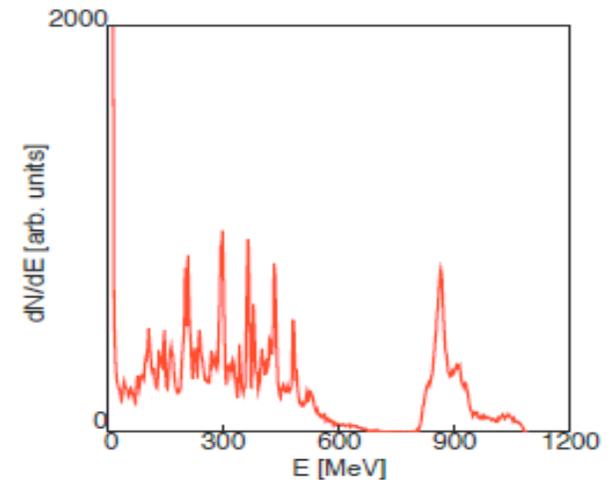
# HIGHER ACCELERATION GRADIENTS

Main set up parameters

$L_{gas\ jet}$ [mm]	$n_e$ [e/cm <sup>3</sup> ]	$\tau$ [fs]	$I_0$ [W/cm <sup>2</sup> ]	$w_0$ [ $\mu$ m]
4	$3 \cdot 10^{18}$	30	$5.2 \cdot 10^{19}$	16



Calculated electron spectrum

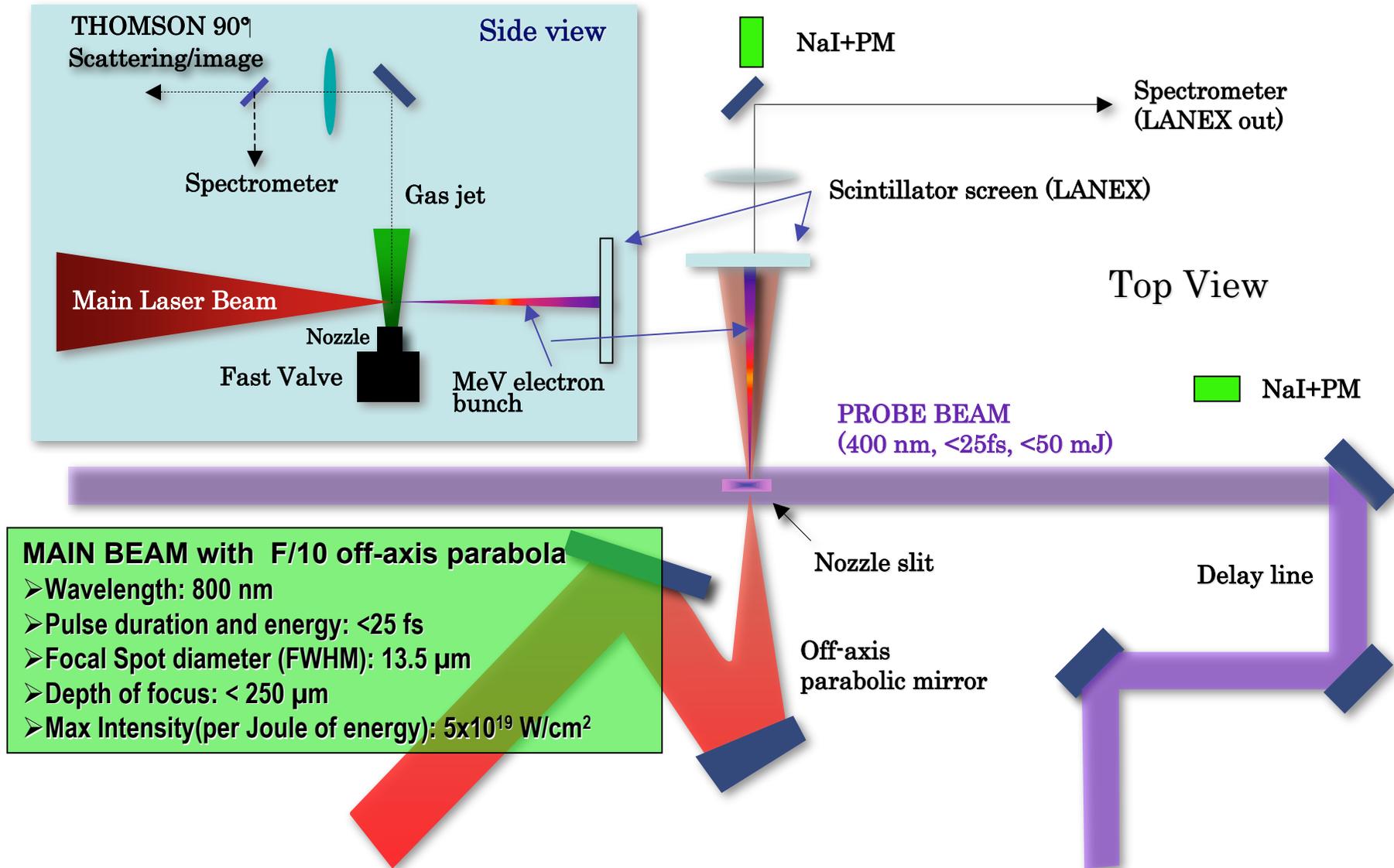


**Goal: 0.9 GeV in 4 mm**

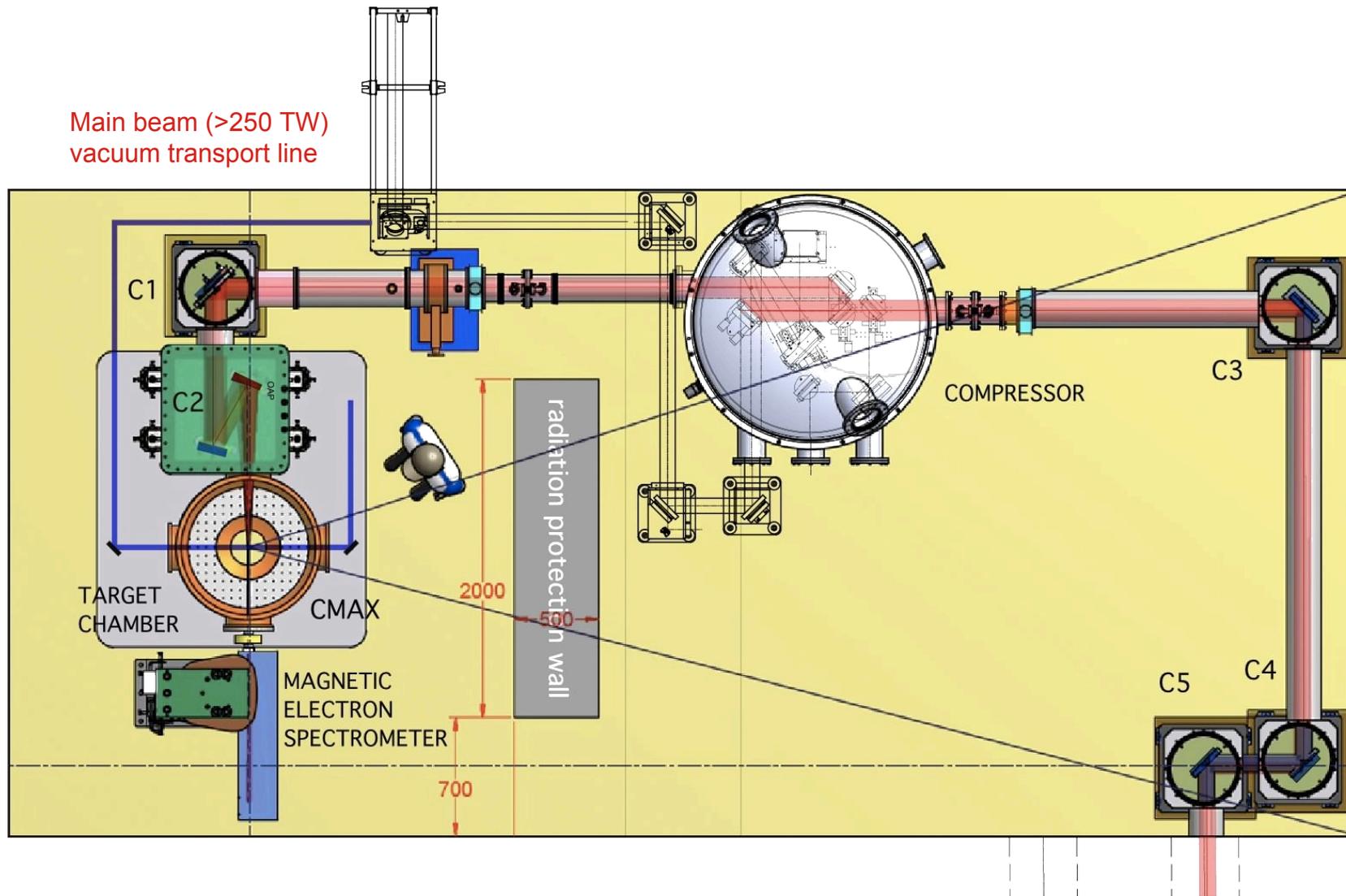
See: L.A. Gizzi et al., EPJ-ST, 175, 3-10 (2009)

**FLAME TARGET AREA  
(FOR *S.I.T.E.*)**

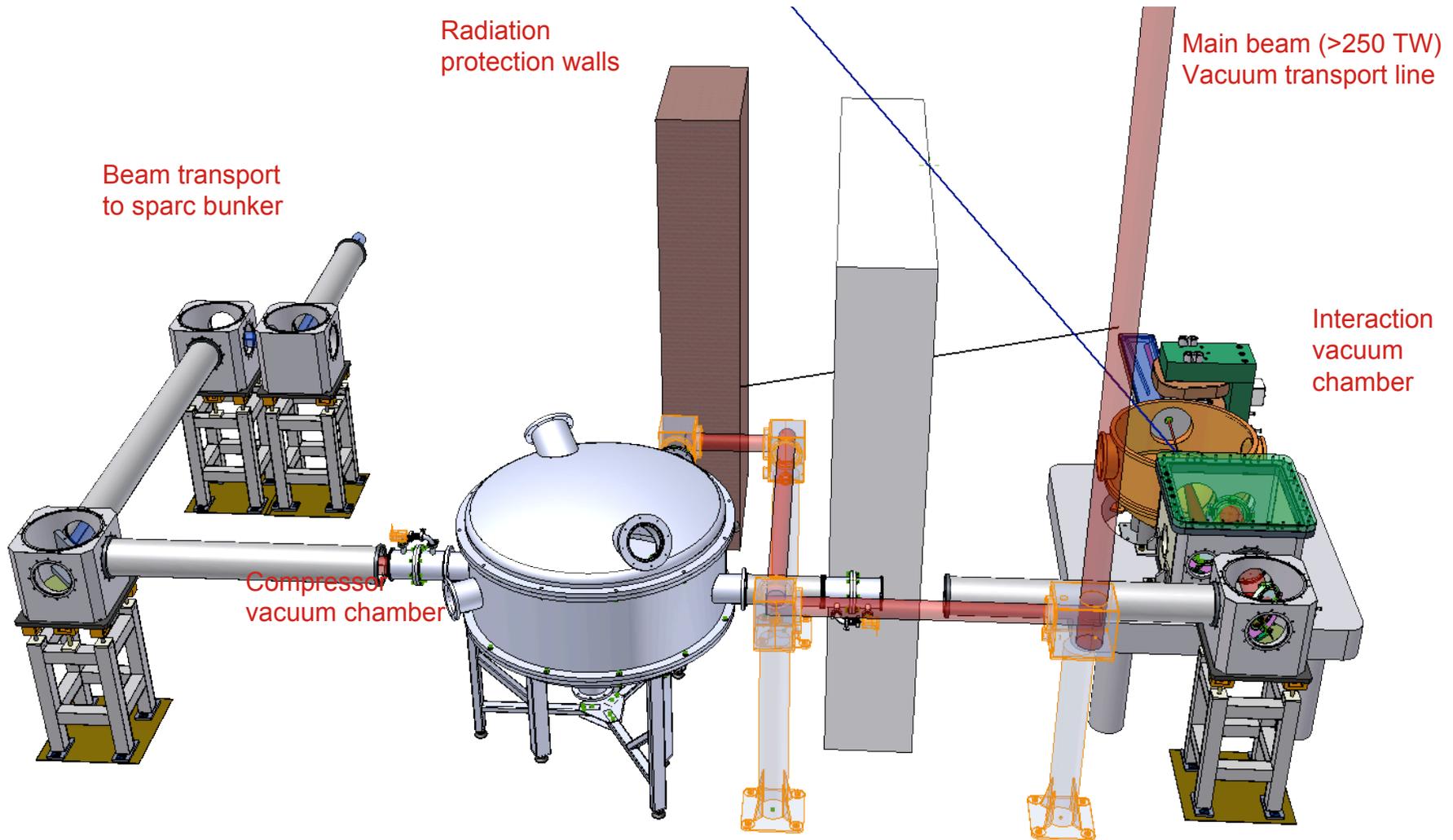
# SCHEMATIC EXPERIMENTAL SET UP



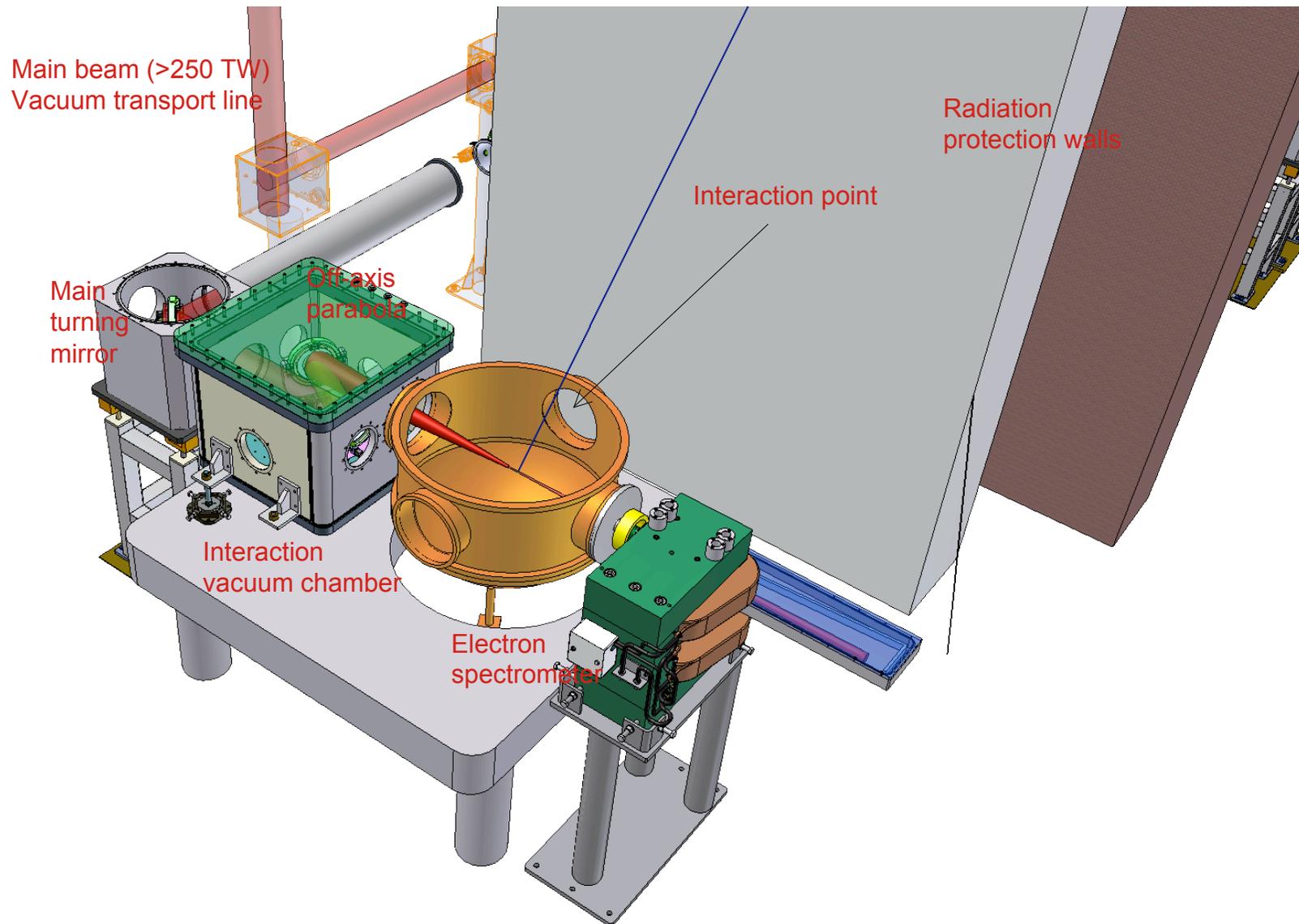
# FLAME TARGET AREA



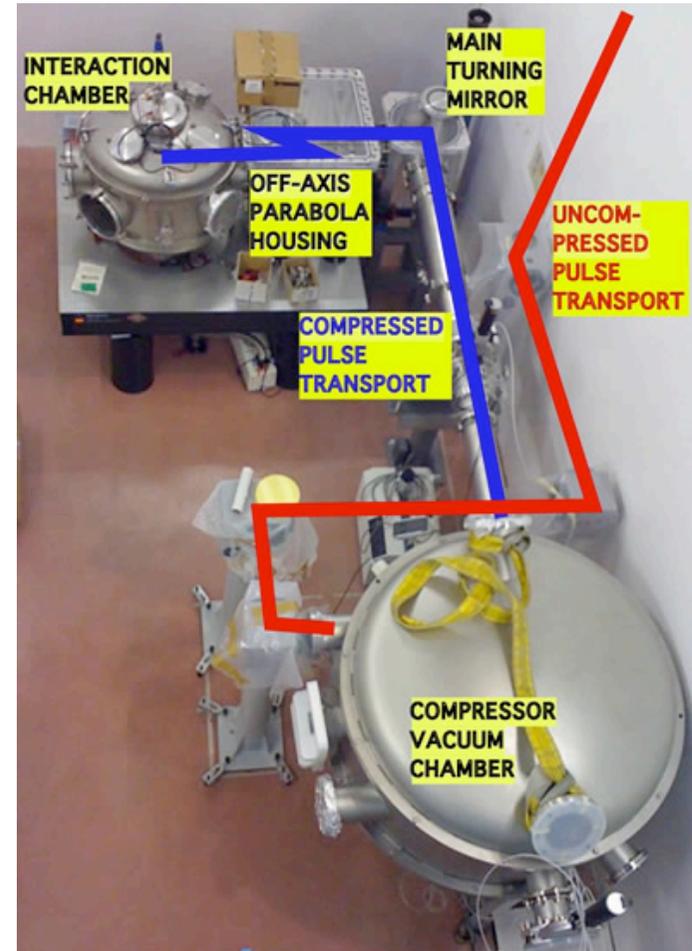
# FLAME TARGET AREA



# FLAME TARGET AREA: SHIELDING



# FLAME TARGET AREA (SITE)



# VERT. AND HORIZ. SHIELDING



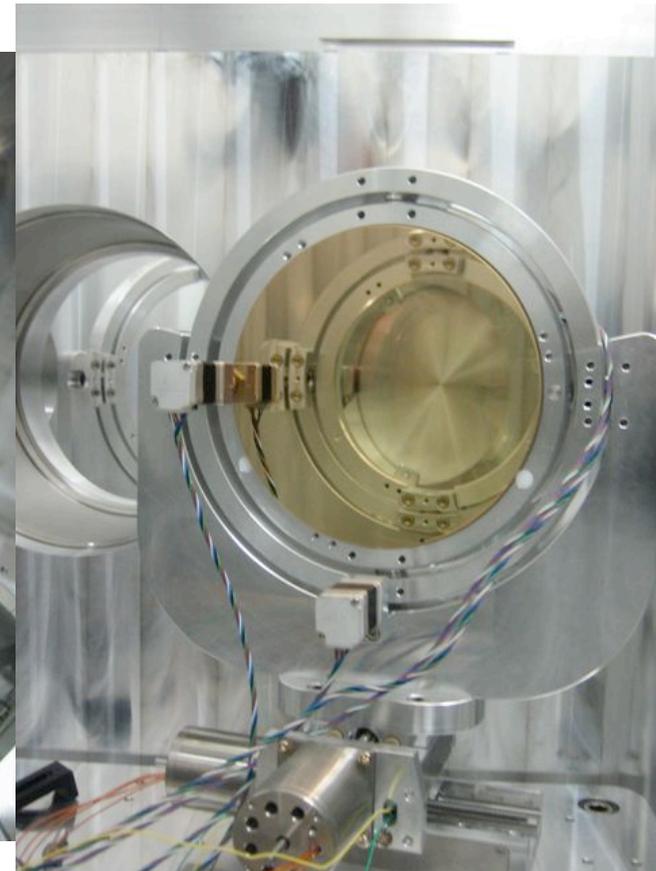
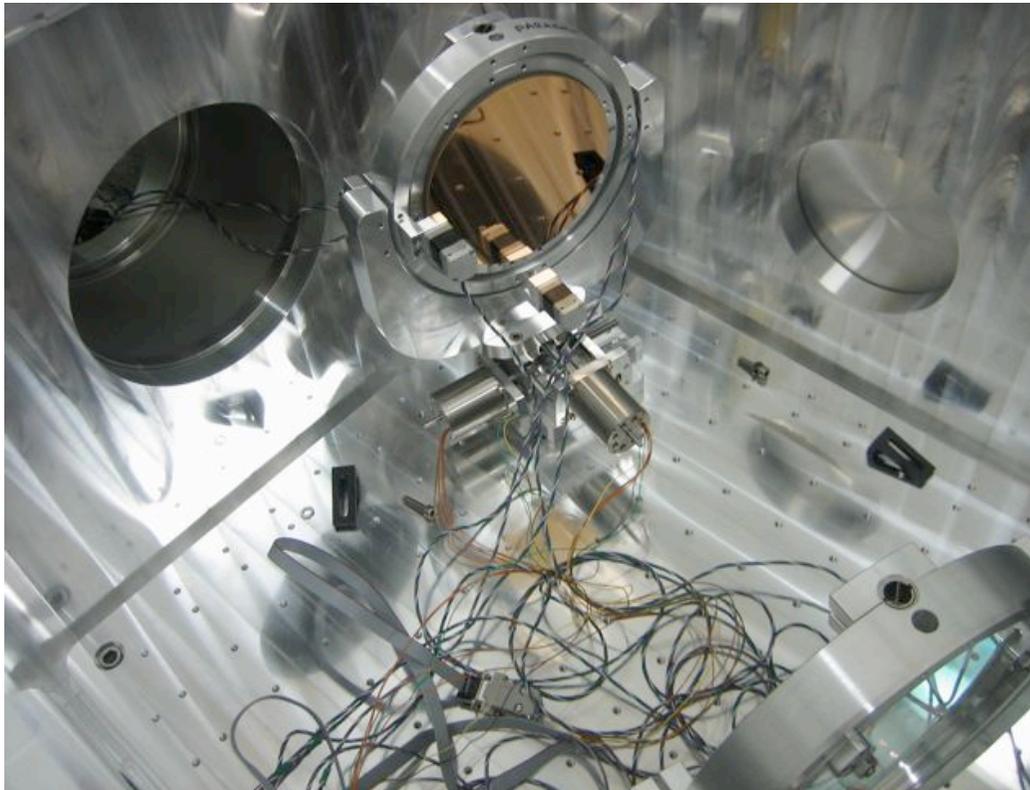
# MAIN BEAM OPTICS IN PLACE

45 AND 15° TURNING MIRROR MOUNTED



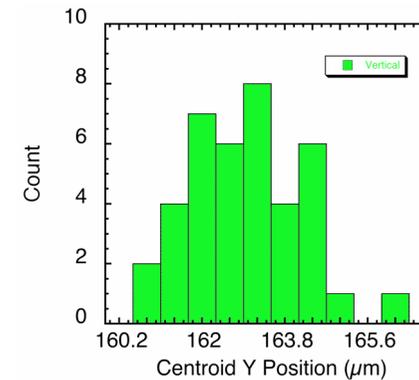
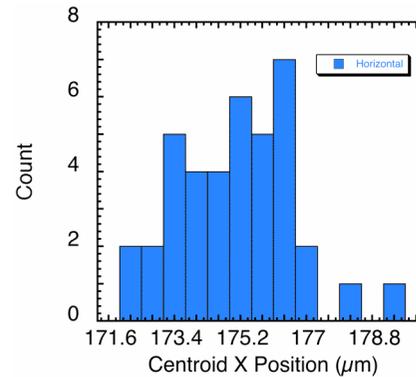
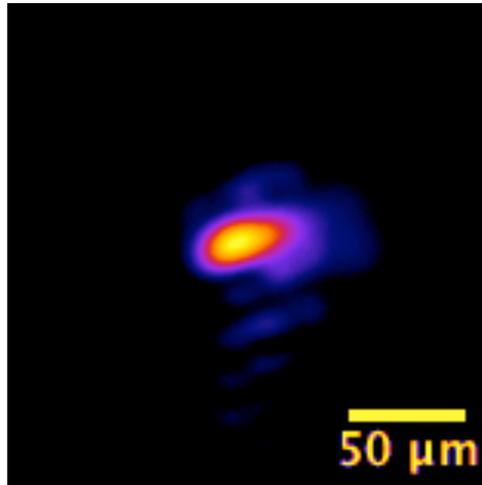
# FOCUSING LASER

1 m focal length, 7", 15° Off Axis Parabola (SORL)



# LASER AT TARGET CHAMBER CENTER

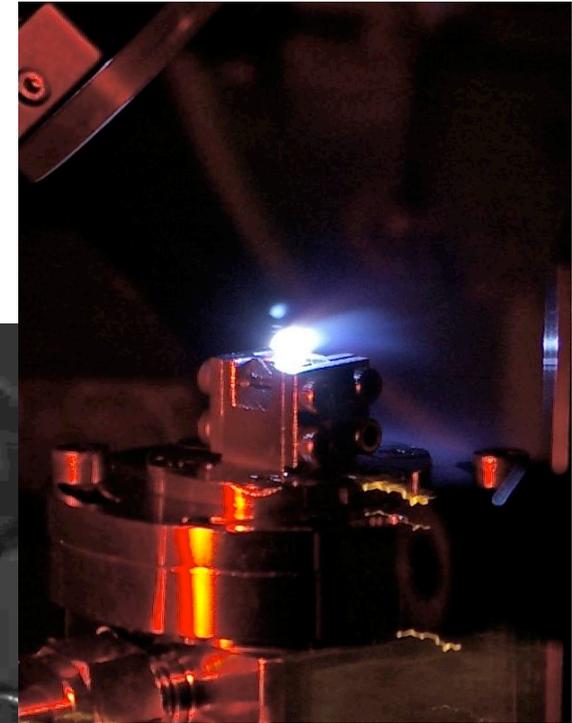
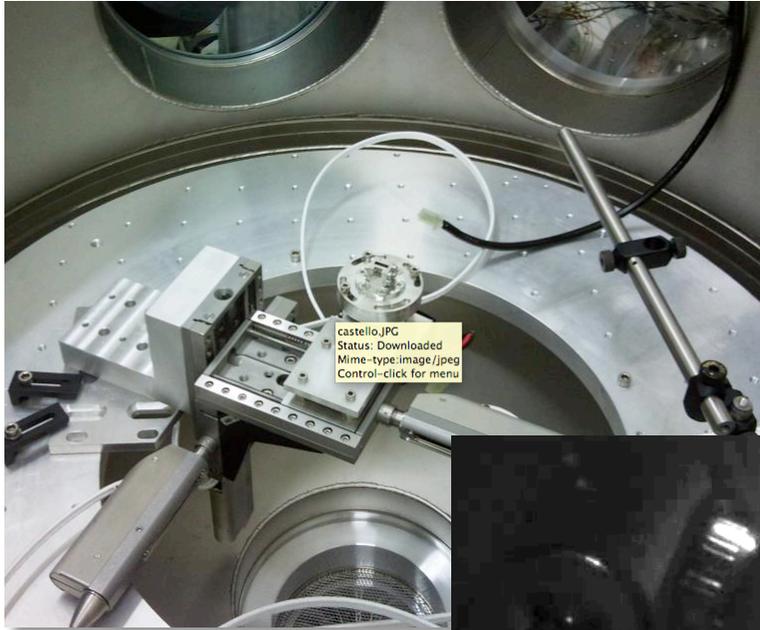
## Pointing stability at TCC



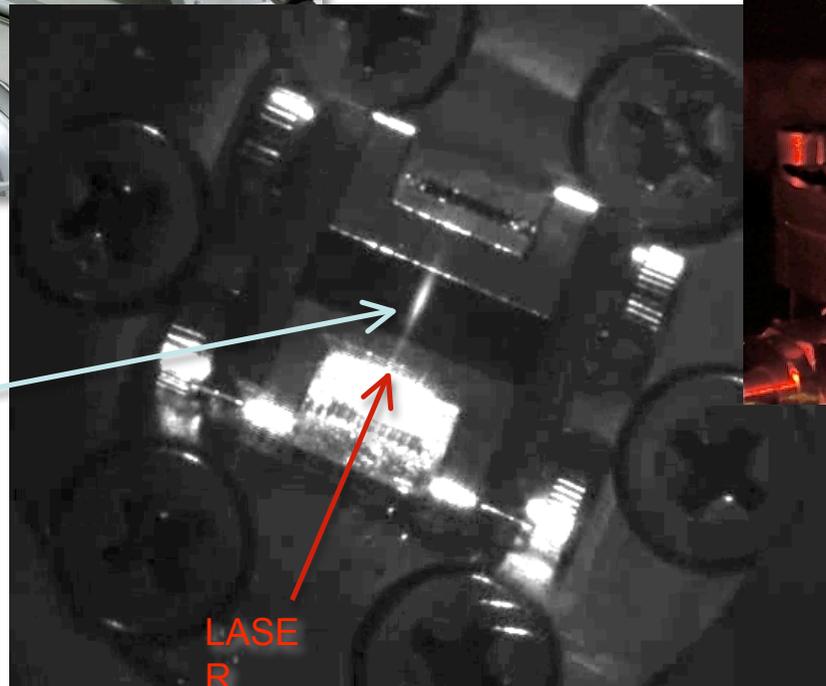
	Centroid Y	Centroid X
Minimum	160,89799	172,12
Maximum	166,22099	179,614
Points	39	39
Mean	162,9351	175,0372
Median	162,995	175,244
RMS	162,93927	175,04455
Std Deviation	1,18026	1,6241748
Variance	1,3930138	2,6379437
Std Error	0,18899286	0,26007611

# LATEST: GAS-JET TARGET IN PLACE

August 2010: first plasma with f/10 OAP



Wide-field top view image of the plasma (Thomson scattering imaging)



# AGENDA FOR NEXT WEEKS

- Full power FLAME test: transport, compression, OAP focusing (no target);
- Laser performance test at output: far field, contrast, width, phase distortion, measurements ... prepare for adaptive optics;
- Completion and test of HW and SW control and diagnostics;
- Completion of hardware and registration for radioprotection, safety and control of operations;
- Laser on (gas-jet) target at >50 TW level.



# SUMMARY

- FLAME: an entirely new lab for LPA is now operational
- Requirements on peak power, contrast, stability are challenging;
- Measurements to date show that parameters are within specs;
- Radiation protection measures in place – awaiting authorization
- Rapidly approaching self-injection LPA measurements

**Richieste PLASMONX 2011**

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Preventivo per l'anno 2011

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Rapp. Naz.: Danilo Giulietti		

## PREVENTIVO GLOBALE DI SPESA PER L'ANNO 2011

In K€

Struttura	A carico dell'IN.F.N.														A carico di altri enti
	interno	estero	consumo	trasporti	manutenzione	inventario	licenze-SW	apparati	spservizi	TOTALI					
BO	4.00	10.00	1.00			52.00					67.00				
LNF	10.00	10.00				210.00		180.00			410.00				
LNS	4.00	12.00	2.00								18.00				
MI	18.00	12.00	8.00			5.00					41.00				
MIB	8.00	2.00	5.00			10.00					25.00				
NA	8.00	10.00	14.00			7.00		5.50			42.50				
PI	35.00	15.00	27.00		35.00	50.00		90.00			252.00				
RM1	5.00	5.00	5.00					77.00	30.00		92.00	30.00			
<b>Totali</b>	<b>90.00</b>	<b>76.00</b>	<b>60.00</b>		<b>35.00</b>	<b>334.00</b>		<b>352.50</b>	<b>30.00</b>		<b>947.50</b>	<b>30.00</b>			

<b>Struttura</b>
Lab. Naz. di Frascati

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Cristina Vaccarezza		

LNF

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. Trasferite personale collaborazione, meeting, installazione, collaudi presso ditte	10.00		10.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. meeting, congressi, collaborazione laboratori esteri, collaudi presso ditte	10.00		10.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO	1. Magneti Quadrupoli (6)	90.00		210.00	0.00
	2. Alimentatori per Magneti Quadrupoli (6)	90.00			
	3. parabola di focalizzazione fascio laser	30.00			
INVENTARIO					
APPARATI	1. compressore per impulso laser	140.00		180.00	0.00
	2. Rotatore di Faraday per protezione del front-end del laser FLAME	40.00			

LNF

APPARATI					
LICENZE-SW					
SPSERVIZI					
Totale NTA-PLASMONX Lab. Naz. di Frascati				410.00	

**Completare assegnazione per Ottiche Adattive  
75+59.4 KEURO**

Struttura
Pisa

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Danilo Giulietti		

PISA

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. missioni a LNF; coordinamento con le altre Unità del Progetto; congressi e meetings nazionali	35.00		35.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. missioni a : AMPLITUDE TECHNOLOGIES (Evry); Ecole Polytechnique; CEA Saclay; RAL; PALS. Congressi e meetings internazionali. Attività nei progetti Europei.	15.00		15.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. ugelli per gas-jet	5.00		27.00	0.00
	2. gas per gas-jet	2.00			
	3. fogli di radiocromico	3.00			
	4. fogli metallici di vari spessori per filtraggio raggi X	3.00			
	5. capillari per gas-target	10.00			
	6. filtri ottici	1.00			
	7. filtri ottici interferenziali	3.00			
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE	1. manutenzione pompe da vuoto	5.00		35.00	0.00
	2. componentistica ottica per manutenzione laser 3TW CNR-INFN	3.00			
	3. flashlamps per manutenzione laser 3TW CNR-INFN	10.00			
	4. diodi di pompa per manutenzione laser 3TW CNR-INFN	15.00			

5. cartucce per filtri di depurazione acqua circuito di raffreddamento  
laser 3TW CNR-INFN

2.00

PISA

MANUTENZIONE					
INVENTARIO	1. elettronica di sincronizzazione laser Nd e Ti:Sa	5.00			
	2. CCD X retro-illuminata	45.00		50.00	0.00
INVENTARIO					
APPARATI	1. mazzler	45.00			
	2. dazzier	45.00		90.00	0.00
APPARATI					
LICENZE-SW					
SPSERVIZI					
Totale NTA-PLASMONX Pisa				252.00	

Servirebbero **5KEURO** per  
Missioni a LNF nel 2010

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Preventivo per l'anno 2011

Struttura
Milano

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Luca Serafini		

MILANO

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. Missioni a LNF, Bologna e Pisa: riunioni PLASMONX e LI2FE.	18.00		18.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. Missioni a Berkeley per collaborazione su capillari, tre conferenze (IPAC, ICFA-LPA e ICUIL)	12.00		12.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. tests capillari	6.00		6.00	0.00
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO	1. materiale informatico, produz. capillari	5.00		5.00	0.00
INVENTARIO					
APPARATI					

MILANO

LICENZE-SW					
SPSERVIZI					
				Totale NTA-PLASMONX Milano	41.00

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Preventivo per l'anno 2011

Struttura
Milano Bicocca

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Dimitri Batani		

# MILAMO BICOCCA

## PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	S.J	Richieste	S.J
INTERNO	1. Missioni interno (in particolare presso i LNF), conferenze in Italia	8.00		8.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. Missioni estero e conferenze internazionali	2.00		2.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. materiale di consumo di laboratorio	5.00		5.00	0.00
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO	1. materiale inventariabile per la realizzazione strumenti da utilizzare con il laser FLAME presso LNF (in particolare sistema di autocorrelazione a singolo impulso)	10.00		10.00	0.00
INVENTARIO					
APPARATI					

MILANO BICOCCA

LICENZE-SW					
SPSERVIZI					
Totale NTA-PLASMONX Milano Bicocca				25.00	

Struttura
Bologna

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Giorgio Turchetti		

BOLOGNA

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. Partecipazione congressi nazionali e a riunioni operative per collaborare con altri gruppi di Plasmon-X ed essere presenti a Frascati dove si condurranno gli esperimenti.	4.00		4.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. Incontri per mantenere contatti con Carlo Benedetti ed il gruppo di Wim Leemans presso Lawrence Berkeley National Laboratory. Con Benedetti si è definita la e maggioranza delle simulazioni condotte per PLX e si manterrà attiva la collaborazione.	6.00			
	2. Partecipazione a congressi internazionali	4.00		10.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. Cancelleria, supporti informatici e piccola manutenzione dei PC del gruppo	1.00		1.00	0.00
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO	1. Acquisto di tre twin server (24 cores ciascuno) e switch infiniband per mantenere la potenza di calcolo del gruppo al livello necessario per simulare la accelerazione di elettroni con autoiniezione e iniezione esterna (vedi allegato).	52.00		52.00	0.00

# BOLOGNA

<b>INVENTARIO</b>					
<b>APPARATI</b>					
<b>LICENZE-SW</b>					
<b>SPSERVIZI</b>					
<b>Totale NTA-PLASMONX Bologna</b>				<b>67.00</b>	

Struttura
Napoli

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Renato Fedele		

NAPOLI

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. Partecipazione a convegni nazionali di interesse per la collaborazione	2.00			
	2. Meeting di lavoro con altri gruppi della collaborazione (Frascati e Pisa)	4.00		6.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. Partecipazione a meeting di lavoro con studiosi stranieri di notorietà internazionale sui temi della collaborazione presso le loro istituzioni (Rutherford Appleton Laboratory, Oxford, UK e Ruhr-Universitaet Bochum, Germania)	5.00			
	2. Partecipazioni a meeting internazionali di interesse per la collaborazione	5.00		10.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. Materiale da vuoto per adattamento/accoppiamento del jet target di ERNA al sistema di diagnostica	7.00			
	2. Elio per 40 ore di test	7.00		14.00	0.00
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO	1. Banco ottico per l'istallazione del sistema di diagnostica laser	7.00		7.00	0.00

# NAPOLI

<b>INVENTARIO</b>					
<b>APPARATI</b>	1. Spettrometro di Moirè (4 finestre ottiche, 2 polarizzatori lineari, 3 supporti ruotanti, 4 supporti con movimento micrometrico, 1 beam expander	5.50		5.50	0.00
<b>APPARATI</b>					
<b>LICENZE-SW</b>					
<b>SPSERVIZI</b>					
<b>Totale NTA-PLASMONX Napoli</b>				<b>42.50</b>	

Struttura
Roma 1

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Riccardo Faccini		

ROMA-1

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. Conferenza per 3 persone, viaggi di collaborazione	5.00		5.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. Conferenze per 2 persone	5.00		5.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. metabolismo	5.00		5.00	0.00
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO					
APPARATI	1. Magnete per spettrometro finale	40.00			
	2. Alimentatore per magnete (SJ allo sblocco del 2010)	0.00	30.00		
	3. costruzione beam-pipe con rivelatore	10.00			
	4. Rivelatore di luce ed elettronica: FMT, HV, schede MAROC (considerando finanziamento 2010)	14.00			
	5. rivelatore medipixel per misure di precisione in avanti	3.00		77.00	30.00

# ROMA-1

6. rivelatore a fibre finale (versione aggiornata di quella attuale)

10.00

<b>APPARATI</b>					
<b>LICENZE-SW</b>					
<b>SPSERVIZI</b>					
<b>Totale NTA-PLASMONX Roma I</b>				<b>92.00</b>	<b>SJ 30.00</b>

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Preventivo per l'anno 2011

<b>Struttura</b>
Lab. Naz. del Sud

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Resp. Loc.: Lorenzo Torrisi		

LNS

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA (In K€)**

Capitolo	Descrizione	Parziali		Totale	
		Richiesta	SJ	Richieste	SJ
INTERNO	1. Studi su Plasmi generati da laser ultraintensi presso alcune sedi nazionali (Catania, Messina, Pisa e Frascati). Partecipazione a meeting e congressi nazionali.	4.00		4.00	0.00
INTERNO					
ESTERO	1. Studi di fattibilità da parte di alcuni esperimenti con laser al fs da parte di alcuni ricercatori del PALS di Praga e ricercatori di PLASMONX. Scambio di ricercatori PALS-PLASMONX. Partecipazione a congressi internazionali.	12.00		12.00	0.00
ESTERO					
CONSUMO	1. Materiale di cancelleria, toner stampanti, target polimerici, supporti informatici.	2.00		2.00	0.00
CONSUMO					
SEMINARI					
TRASPORTI					
PUBBLICAZIONI					
MANUTENZIONE					
INVENTARIO					

LNS

<b>APPARATI</b>					
<b>LICENZE-SW</b>					
<b>SPSERVIZI</b>					
<b>Totale NTA-PLASMONX Lab. Naz. del Sud</b>				<b>18.00</b>	

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

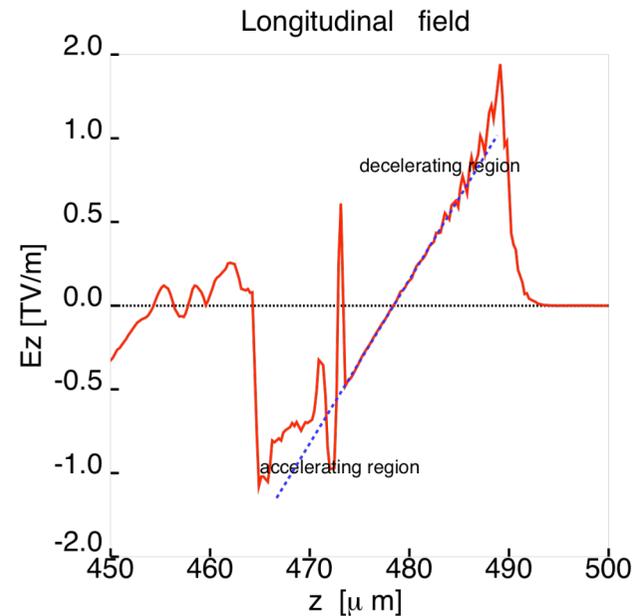
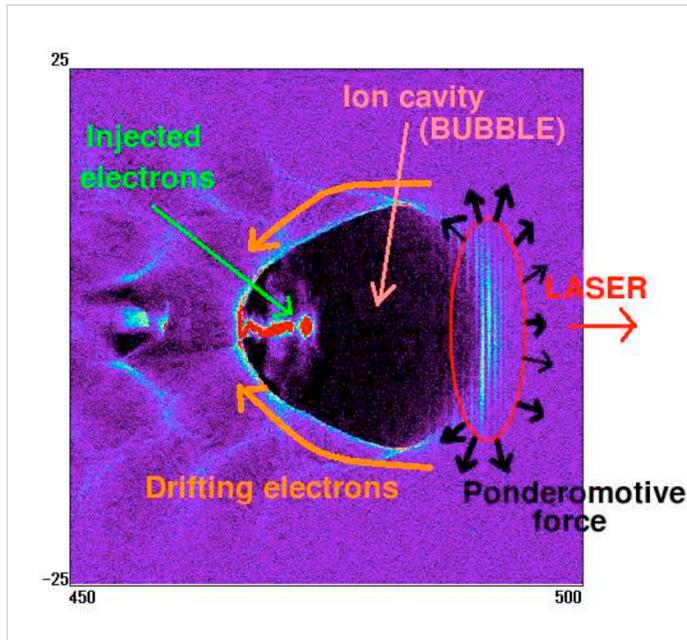
Preventivo per l'anno 2011

CODICE	SIGLA	COMMISSIONE
	NTA-PLASMONX	P.S.
Rapp. Naz.: Danilo Giulietti		

Descrizione	Data completamento
Istallazione delle diagnostiche sul fascio laser e sul plasma.	30-09-2010
Produzione di pacchetti di elettroni energetici mediante LPA e loro caratterizzazione, utilizzando un gas-jet supersonico (spessore lamina di gas 1.2mm )	15-10-2010
Produzione di pacchetti di elettroni energetici mediante LPA e loro caratterizzazione, utilizzando un gas-jet supersonico (spessore lamina di gas 4mm )	30-11-2010
Valutazione sperimentale dell'influenza della stabilità di funzionamento del laser sulla stabilità delle caratteristiche dei pacchetti di elettroni accelerati mediante LPA.	31-12-2010
Istallazione delle Ottiche Adattive e valutazione delle caratteristiche degli impulsi laser nel fuoco della parabola fuori asse (distribuzione spaziale, contrasto, stabilità di puntamento, ...)	31-03-2011
Istallazione della linea di fascio elettronico per lo Scattering Thomson e della linea di trasporto del fascio laser dal laboratorio laser al bunker del LINAC.	15-04-2011
Integrazione delle componenti della camera di interazione ed ottimizzazione del fascio X per gli users.	30-09-2011
Fascio X della sorgente Thomson Scattering disponibile per gli users (BEATS2)	30-12-2011
Primi tests di interazione su bersagli solidi sottili (LILIA)	30-12-2011
Progettazione camera di interazione per LPA nello schema external-injection	31-03-2011

# SELF-INJECTION TEST EXPERIMENT

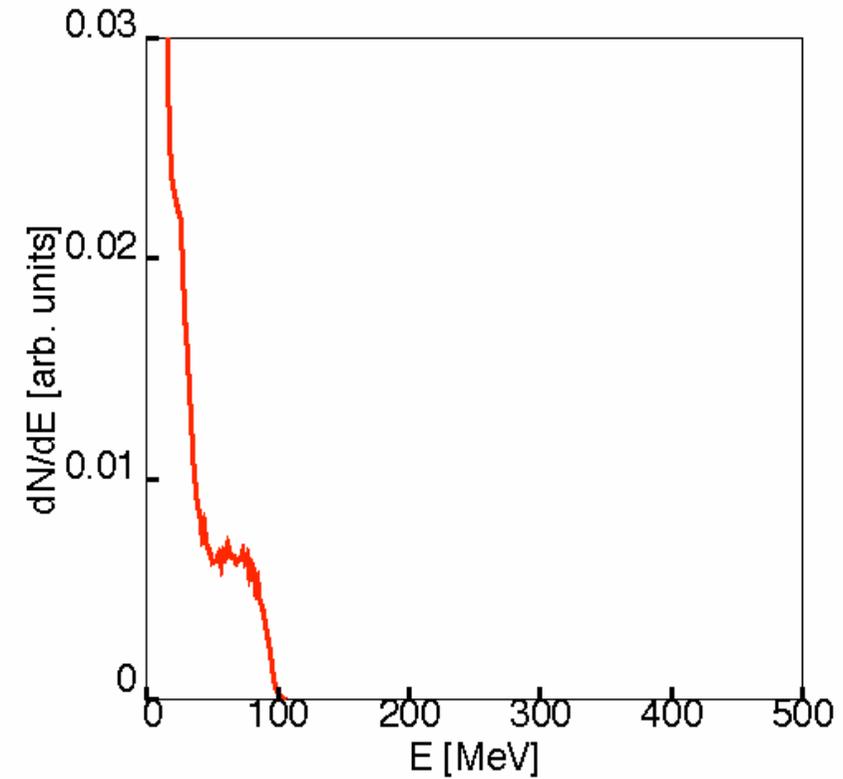
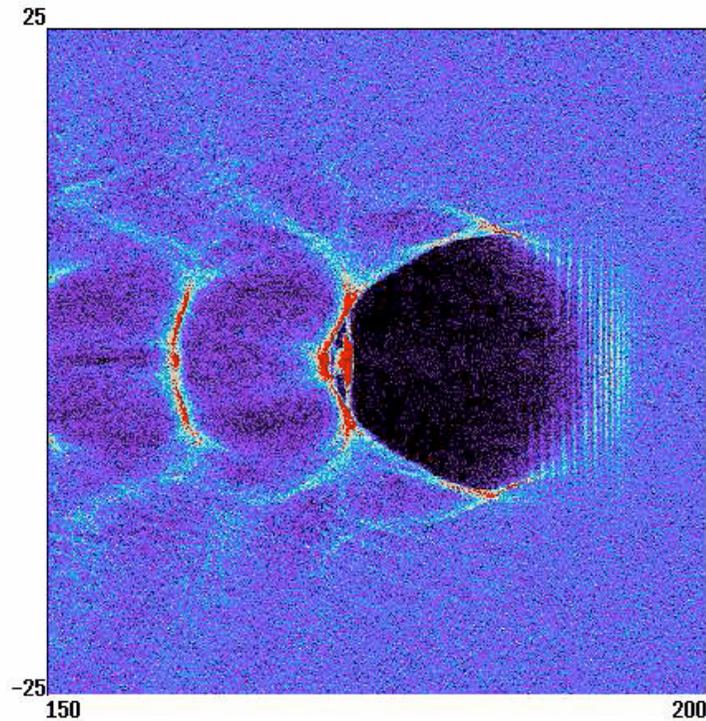
- Nonlinear 3D regime (bubble) <sup>a</sup>



- $R_{bub} \simeq O(\lambda_p)$       $E_z^{(max)} \simeq 100\sqrt{n_0[\text{cm}^{-3}] \times a_0}$  [V/m]
- $\begin{cases} v_{elect} \simeq c \\ v_{bub} \simeq c(1 - 3\omega_p^2/(2\omega_0^2)) < v_{elect} \Rightarrow \text{acc. length is finite + monochromaticity} \end{cases}$

<sup>a</sup>S. Gordienko and A. Pukhov, Phys. Plas. 12 (2005) / W. Lu *et al.* PRSTAB 10 (2007)

# Particle-in-cell simulations



Numerical simulations by C. Benedetti for self-injection test experiment at FLAME