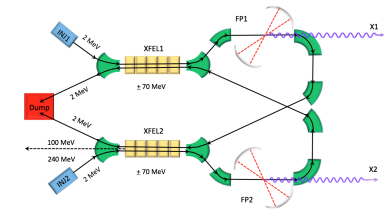




MariX-CDR 3rd Meeting

13 Dicembre 2017 - Milano



Luca Serafini – INFN-Milan and University of Milan

*Agenda MariX CDR 3rd meeting
Dipartimento di Elettronica del Politecnico di Milano
Edificio 24 – Via Golgi 40, Piano Terra - Sala Alfa*

Dicembre, 13, 2017, ore 14:00-18:00

1) Stato Collaborazione MariX, *Luca Serafini* (30')

2) SC Linac e Impianto Criogenico, *Rocco Paparella, Angelo Bosotti, Daniele Sertore* (20')

3) Simulazioni FEL, *Vittoria Petrillo* (20')

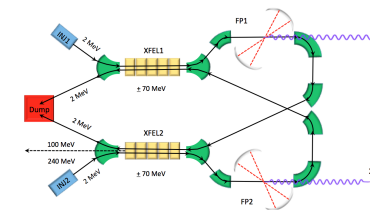
4) Ondulatori, *Francesco Broggi* (20')

5) Optimizing Compton laser-beam collisions, *Illya Drebot* (10')

6) Tecniche di radio-terapia al seno con raggi X mono-cromatici, *Giovanni Mettievier* (30')

7) Varie ed eventuali

Stato del Team per il CDR



- **Selezione due assegni di ricerca INFN per MariX conclusa: Luigi Faillace per iniettore (WG-5 e WG-7) (Marcello Rossetti idoneo), Dario Giannotti per Sistema Laser (WG-4). Presa di servizio a gennaio.**
- **Massimo Petrarca (La Sapienza Roma – INFN/Roma1) collabora al WG-4 con Simone Cialdi.**
- **Ezio Puppini (Politecnico di Milano e CNISM) e Ermanno Pinotti (Politecnico di Milano) coordinano il WG-16 (Infrastructure & Plants). Ermanno Pinotti anche in WG-6 (magnets & power supplies).**
- **Paolo Russo e Giovanni Mettivier (Univerista' di Napoli e INFN/NA) hanno aderito al WG-18 (radio-terapia senologica con raggi X mono-cromatici).**
- **Maria Pia Abbracchio (UniMi, Dip. Farmacologia e Scienze Bio-molecolari) e Caterina La Porta (UniMi, Dip. Scienze Ambientali - Center for Complexity & Biosystems) hanno aderito al WG-18 (radio-imaging cervello)**



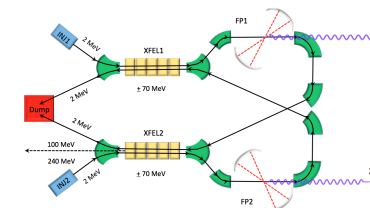
MariX/BriXS – C.D.R. Study Groups

CDR Coordinator: Luca Serafini
Technical Coordinator: Paolo Michelato
Editor: Roberto Saban

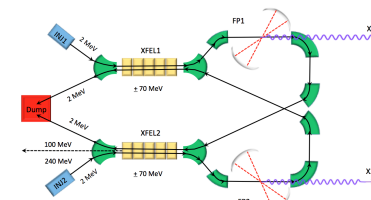
Assistant Coordinator: Andrea R. Rossi

- | | |
|--|--|
| 1) Interactions, X-Ray Spectra | <i>Illya Drebot, Vittoria Petrillo</i> |
| 2) FEL Theory and Simulations | <i>Vittoria Petrillo</i> |
| 3) Beam Dynamics, Transport lines | <i>Alberto Bacci</i> |
| 4) Lasers and Fabry-Perot Cavities | <i>Simone Cialdi</i> |
| 5) Injectors (RF/DC, cathodes, lasers) | <i>Alberto Bacci, Laura Monaco</i> |
| 6) Magnets, Power Supply | <i>Francesco Broggi</i> |
| 7) RF Power Sources | <i>Luigi Faillace</i> |
| 8) SC RF Cavities and Cryo-Modules | <i>Angelo Bosotti, Daniele Sertore</i> |
| 9) Energy Recovery | <i>Rocco Paparella, Daniele Sertore</i> |
| 10) Beam/Luminosity Diagnostics | <i>Dario Giove</i> |
| 11a) X-ray Optics | <i>Mauro Gambaccini, Vincenzo Guidi</i> |
| 11b) X-ray Detectors | <i>Andrea Castoldi, Carlo Fiorini,
Attilio Andreatza</i> |
| 12) FEL Undulators | <i>Francesco Broggi</i> |
| 13) FEL Beam Lines | <i>Chiara Guazzoni, Marco Potenza</i> |
| 14) Timing and Controls | <i>Francesco Prelz</i> |
| 15) Engineering, CAD | <i>Simone Coelli</i> |
| 16) Infrastructure, Plants | <i>Ezio Puppini, Ermanno Pinotti</i> |
| 17) Radiation Safety | <i>Stefano Agosteo</i> |
| 18) Liaison with Users/Applications | <i>Riccardo Calandrino, Giorgio Rossi,
Luca Serafini</i> |
| 19) Post-FEL Dump Beam Lines | <i>Franco Camera, Flavia Groppi, Illya Drebot</i> |

Attività' recenti per il CDR



- **Visita Orsay-LAL (gruppo Fabian Zomer) 14 novembre (S. Cialdi, D. Giove, V. Petrillo, A. Bacci, L. Serafini, I. Drebot, A. Rossi) per collaborazione MariX-ThomX. Slides presentazioni su cavita' Fabry-Perot e su Progetto ThomX nel sito Alfresco/MariX (cartella Meetings/Meeting@LAL).**
- **Workshop ARIES su "Photon Beams" a Padova 27-28 novembre: presentazioni interessanti su Compton Sources (ThomX, STAR, Gamma-factory) e usi esotici FELs disponibili al sito <https://indico.cern.ch/event/668097/overview> .**
- **30 Novembre visita di Raffaella Geometrante, DG Kyma, a INFN/Mi su ondulatori 1.4 -> 1.2 cm.**
- **Giovedì' 30 Novembre – Riunione indetta da Direttore Dip. Di Fisica con i Direttori Dipartimenti UniMi su Piastra/MariX – slides presentazioni di G. Rossi, G. Ghiringhelli e L. Serafini su Alfresco/MariX e su pagina web MariX sotto sito Dip. di Fisica/UniMi.**



Dipartimento di

Fisica

[HOMEPAGE](#) [ORGANIZZAZIONE](#) [PERSONE](#) [RICERCA](#) [DIDATTICA](#) [PUBBLICO E DIVULGAZIONE](#)

HOMEPAGE > Ricerca > Marix

- > [AREE DI RICERCA](#)
- > [GRUPPI DI RICERCA](#)
- > [DOTTORATO](#)
- > [PUBBLICAZIONI](#)
- > [PROGETTI FINANZIATI](#)
- > [BANDI E ASSEGNI](#)
- > [SEMINARI](#)
- > [CONVEGNI](#)
- > [PHYSICS COLLOQUIA](#)
- > **MARIX**

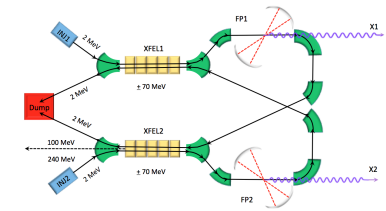


M.A.R.I.X. : UN PROGETTO TRASVERSALE PER IL FUTURO CAMPUS DI UNIMI

Con un recente accordo il Rettore dell'Università di Milano e il Presidente dell'INFN promuovono la stesura di un "Conceptual Design Study" di un'infrastruttura di ricerca analitica multidisciplinare, con caratteristiche di unicità a livello nazionale, europeo e internazionale, da collocarsi all'interno del futuro Campus Scientifico di UNIMI presso l'area Expo Milano-Rho.

Tale infrastruttura è basata su una sorgente di fasci di fotoni da acceleratori di elettroni: fasci di raggi X altamente coerenti da FEL (Free Electron Laser), nella gamma di energia da 1 a 5 keV, con impulsi ultrabrevi (10-50 fs) e frequenza di ripetizione fino a 1 MHz, e fasci di raggi X Compton monocromatici fino a 150 keV, con flussi elevati fino a 10^{13} fotoni / s. Maggiori dettagli si trovano nei files allegati, in particolare nell'Introduzione a MariX e nella presentazione generale. Tali sorgenti alimenteranno esperimenti (beamlines) nel campo della visualizzazione (imaging) e della spettroscopia (photon in-photon out e photon in-electron out) per ricerca in ambito biomedico, della scienza dei materiali, delle proprietà dinamiche della materia (catalisi, magnetismo, superconduttività, fenomeni non lineari, materia in condizioni estreme).

Il progetto è volto a realizzare un'infrastruttura per la ricerca avanzata con forte impatto sulle attività Dipartimenti scientifici del nostro Ateneo e degli EPR.



Si è partiti con una serie di incontri a livello interdipartimentale. Il primo di tali incontri si è tenuto il 30/11/2017 presso il Dipartimento di Fisica, con presentazioni di G. Rossi, G. Ghiringhelli e L. Serafini che sono visibili in questa pagina. Lo scopo degli incontri è quello di giungere ad identificare un piccolo numero di progetti pilota in ambiti disciplinari diversi, che dovranno costituire il "scientific case" da completarsi parallelamente al "Conceptual Design Report" della sorgente già in corso di elaborazione.

“ DOCUMENTI CORRELATI

Presentazione generale

Introduction to M.a.r.i.X.

M.a.r.i.X. presentation

BriXS - expression of interest

Slides G. Rossi 30/11/2017

Slides G. Ghiringhelli

Slides L. Serafini 30/11/2017



Le infrastrutture per la ricerca del Campus Scientifico di Unimi a EXPO:

A-“La PIASTRA” Laboratori **P**er l’**I**ntegrazione **A**ccademica della **S**cienza e **T**ecnologie di **R**icerca **A**vanzate

B-Laboratorio per l’ANALISI FINE della materia **“MARIX”**

PRESENTAZIONE AI DIRETTORI DEI DIPARTIMENTI SCIENTIFICI DI UNIMI
XXX NOVEMBRE 2017

GR

Courtesy G. Rossi

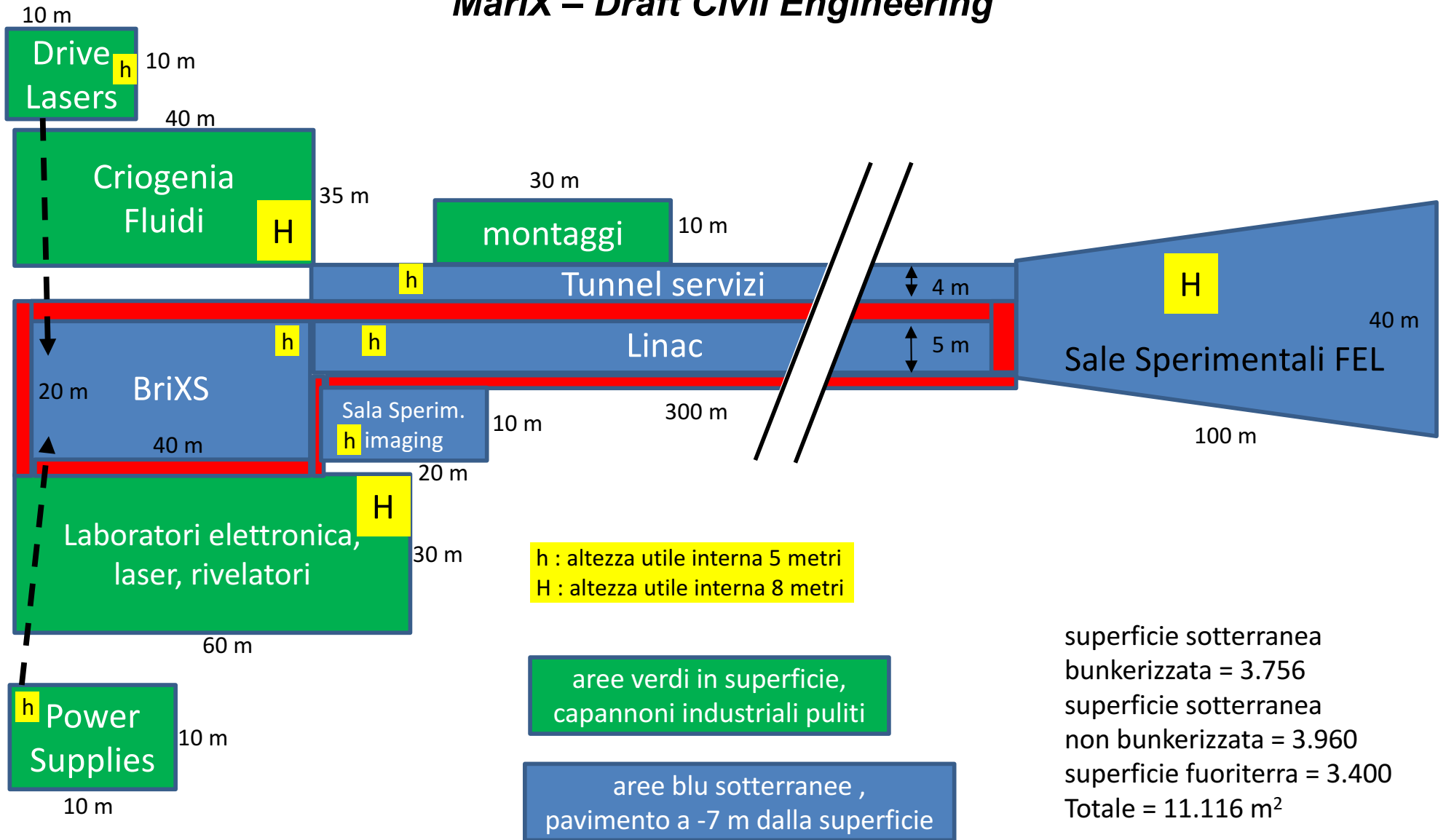
“La PIASTRA” deve rappresentare anche a livello architettonico il riferimento del Campus che ne incardini il messaggio di Ricerca Scientifica e Multidisciplinarietà

Un esempio è la realizzazione del centro SUNUM all’Università Sabanci di Istanbul (6000 students)

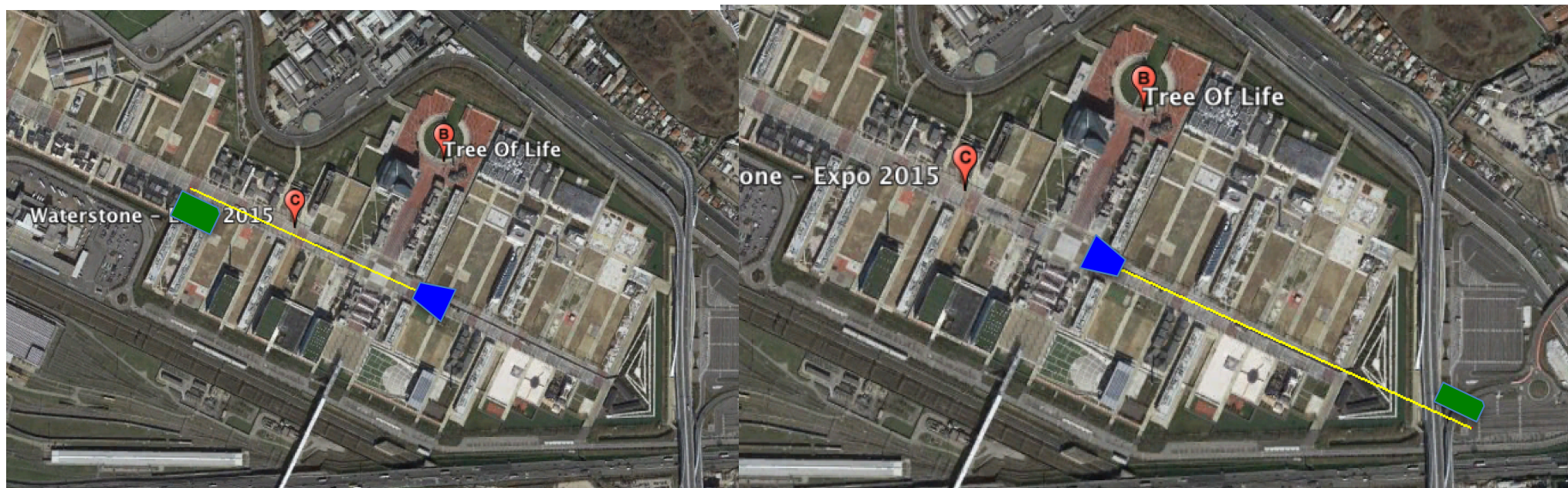


Courtesy G. Rossi

MariX – Draft Civil Engineering



Disposizione marix su MASTERPLAN “Decumano verde”

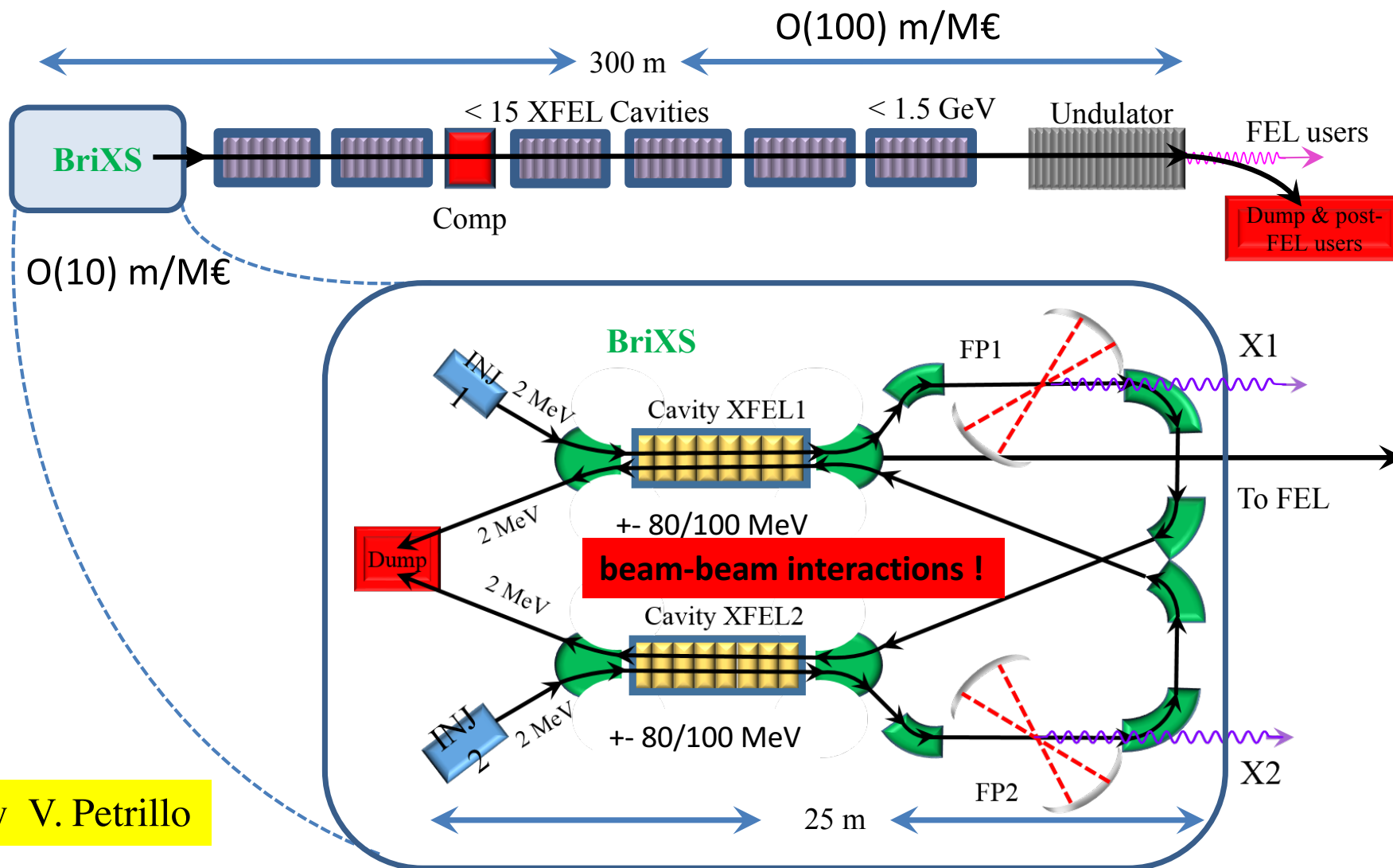
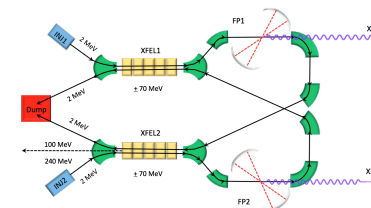


DUE POSSIBILI ESTENSIONI DELLA MACCHINA SOTTO AL DECUMANO
CON HALL SPERIMENTALE (INTERRATA A QUOTA ACCELERATORE)
ADIACENTE LA PIASTRA E INFN (FUORI TERRA) ALL'ALTRO CAPO DEL
TUNNEL

Courtesy G. Rossi

MariX – The Straw Man Design

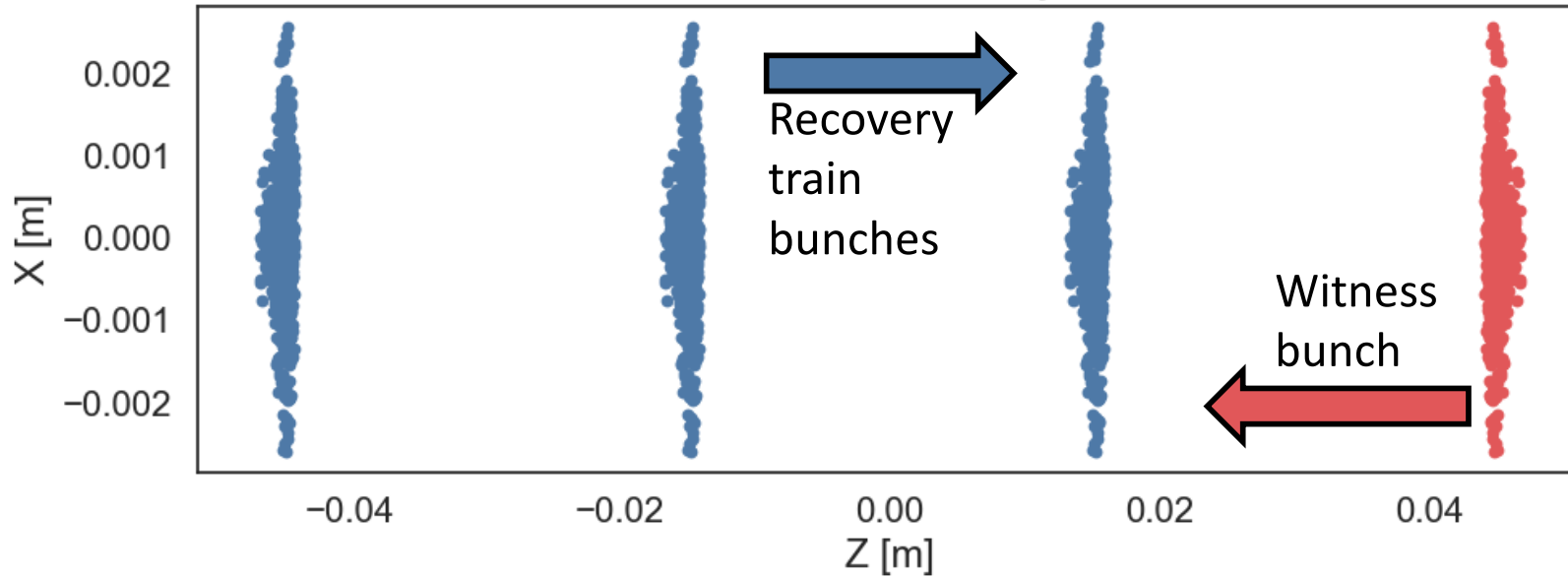
Multi-disciplinary Advanced Infra-structure for Research with X-rays
 Macchina Analitica per Ricerca Inter-disciplinare con raggi X



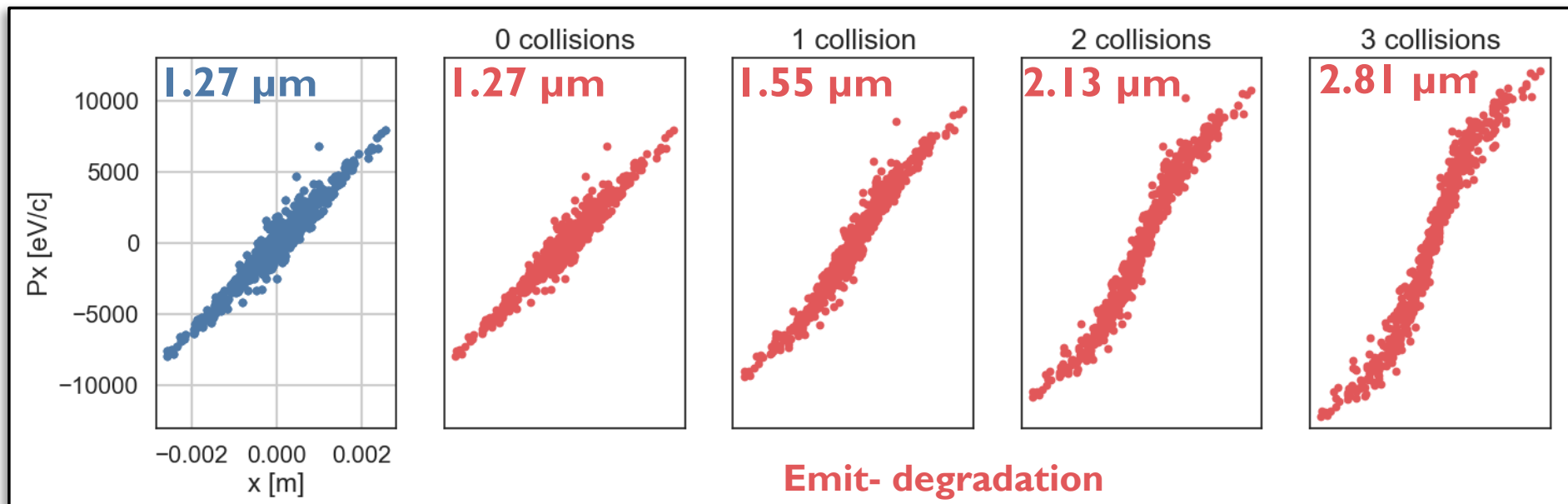
Courtesy V. Petrillo

200 pC x bunch @ 6MeV

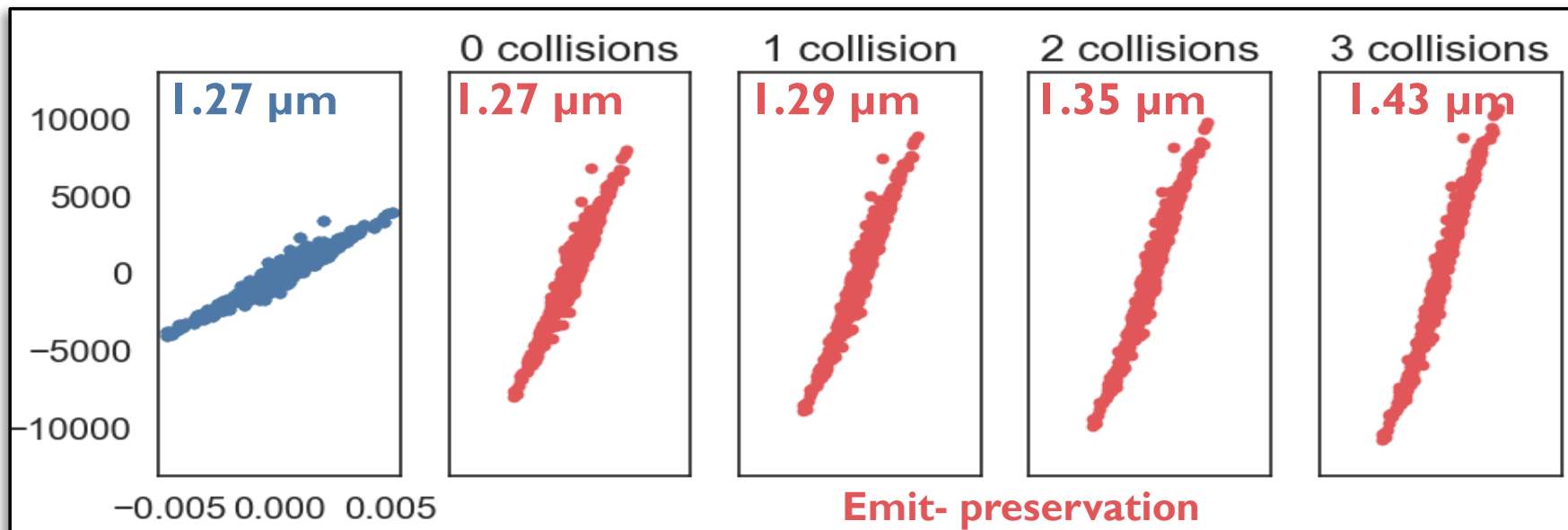
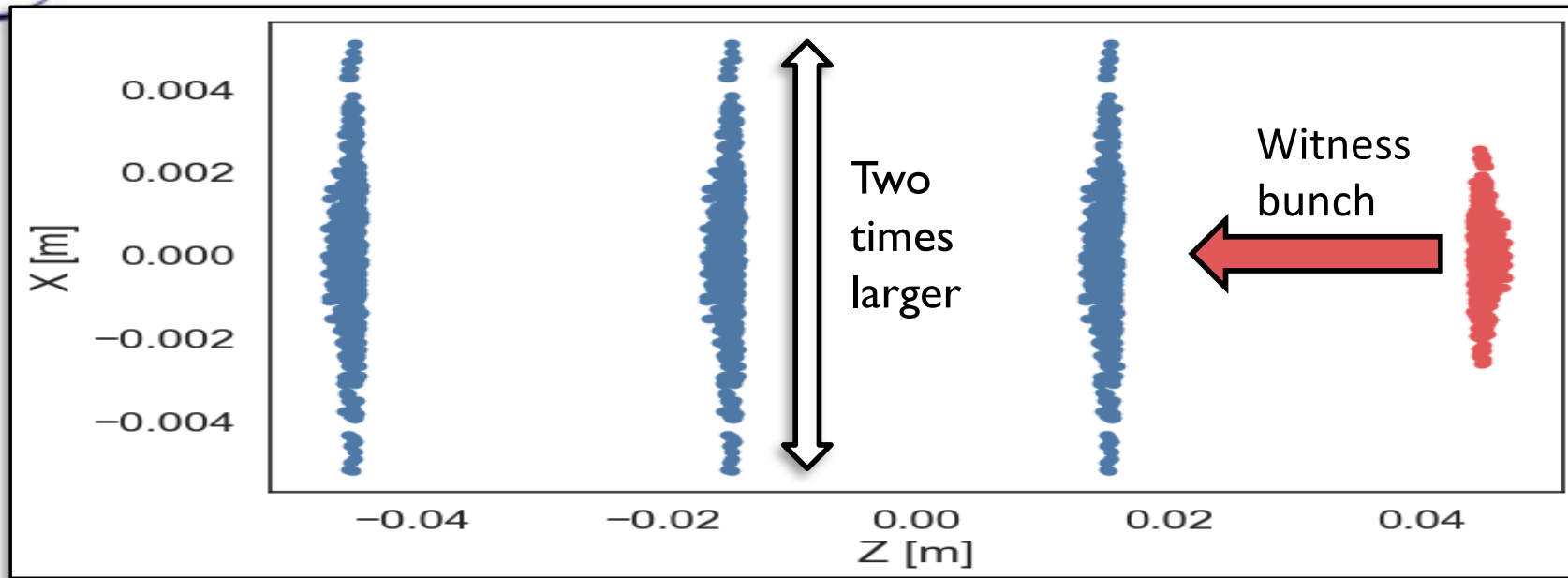
Bunches collision layout



Simulations
by Astra
Code



Emittance **preservation** in e-bunches Collisions

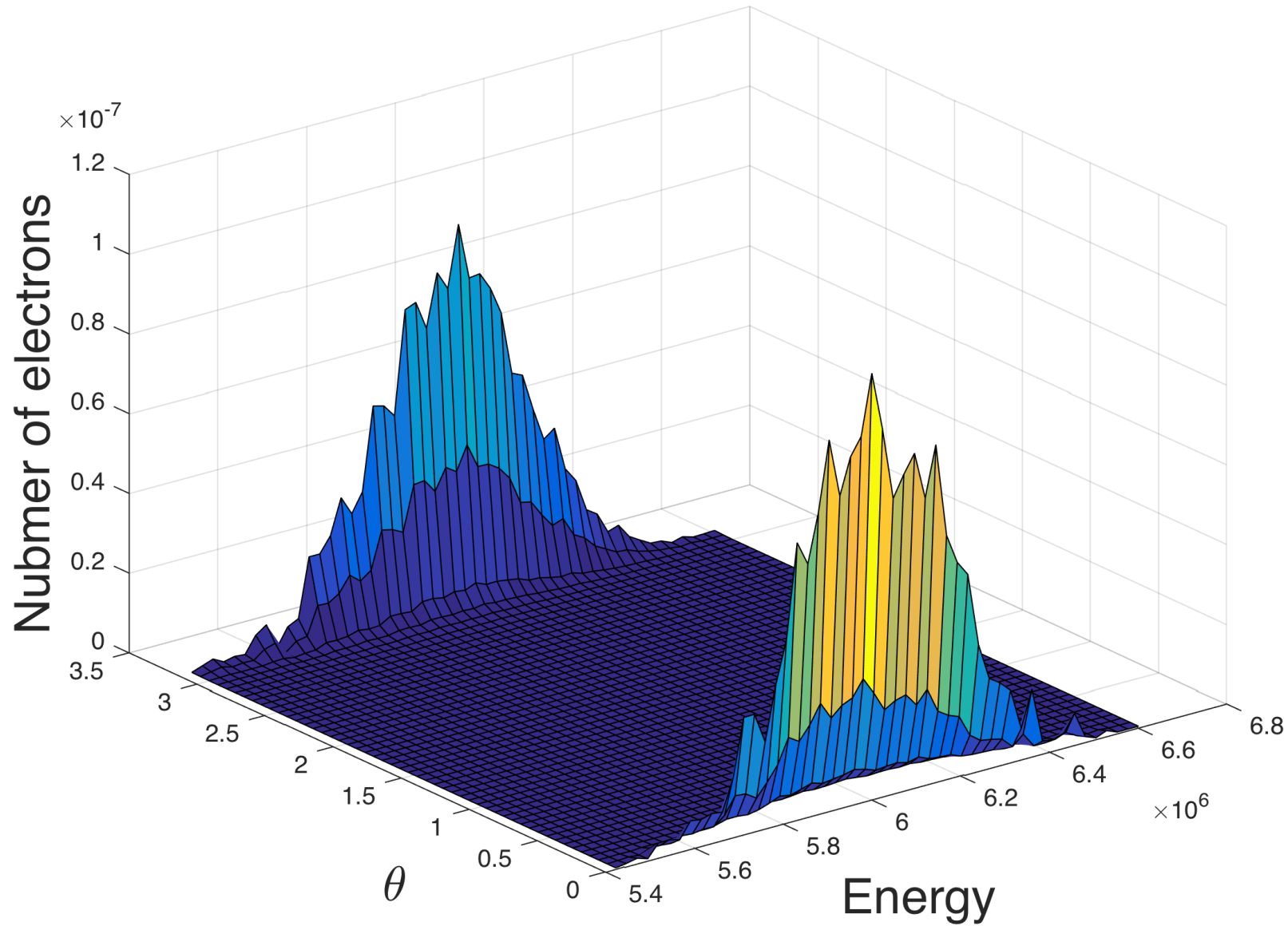




Emittance **preservation** in e-bunches Collisions

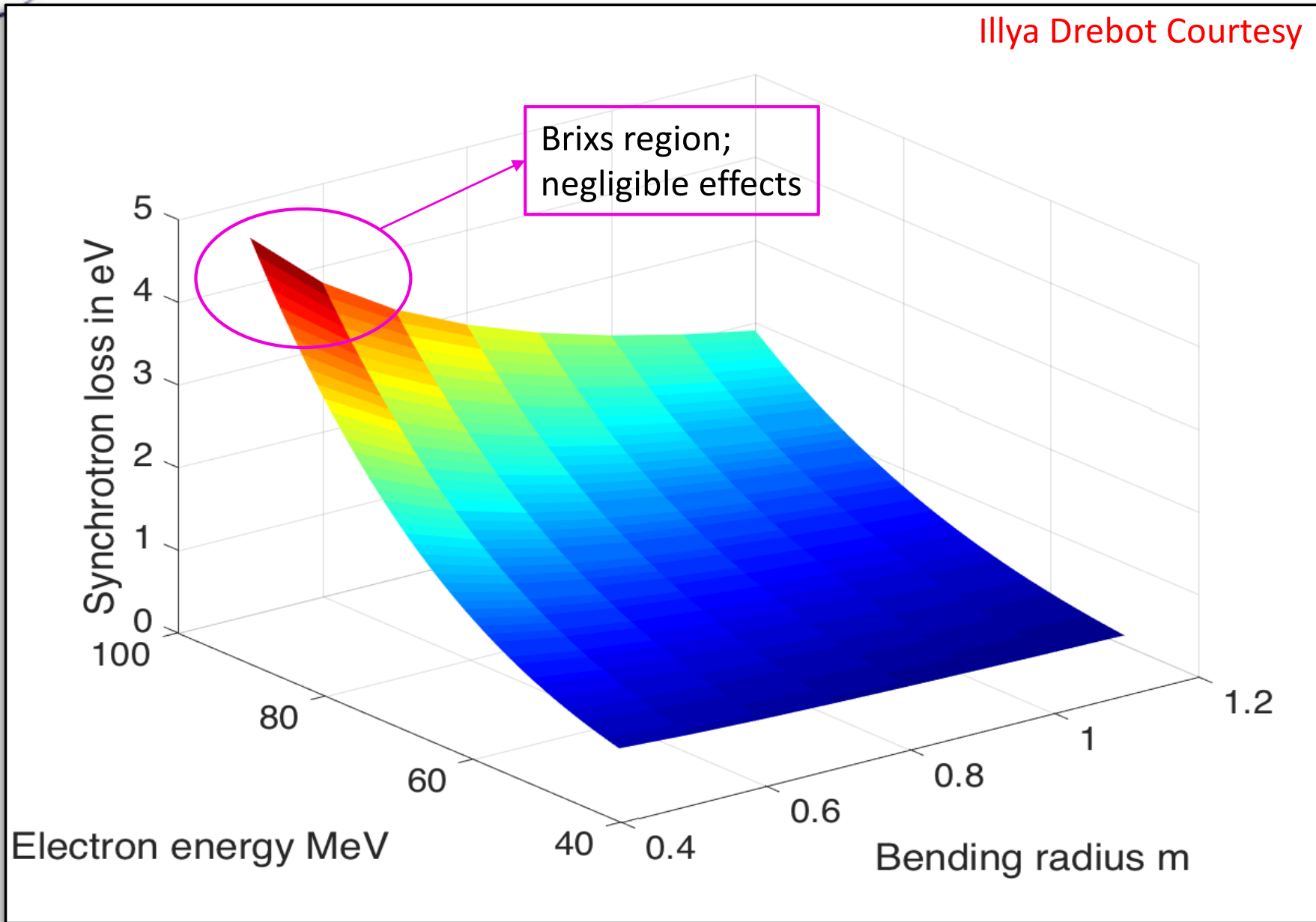
Summary Table

Case	0 Collisions	1 Collision	2 Collision	3 Collision
100pc, @6MeV	1.27	1.36	1.55	1.81
200pc, @6MeV	1.27	1.55	2.13	2.81
200pc, @10MeV	1.27	1.53	2.09	2.78
200pc, @100MeV	1.27	1.51	2.02	2.65
200pc, @6MeV Larger Recovery Bunches	1.27	1.29	1.35	1.43

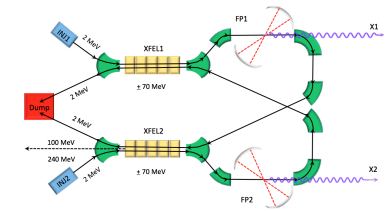


Energy decreasing by Synchrotron Radiation in one bending

Illya Drebot Courtesy



Prossimi Meetings per il CDR



- **Prossima riunione Machine Team meta' gennaio.**
- **Prossimo meeting plenario CDR 20-25 gennaio (R. Saban – Template CDR).**
- **Meeting WG-18 (Users) entro fine gennaio – 1 giorno (mattina FEL, pomeriggio Compton).**
- → seguiranno doodles...
- **Richiesta a Giunta INFN per assegnazioni 2018 (50 keuro spese funzionamento e 60 keuro per beam test con onduttore da 7 mm presso SPARCLAB)**
- **Richiesta a DG UniMi di un assegno di ricerca triennale per la fisica del e con il FEL (G. Rossi e V. Petrillo)**
- **MOU INFN-SanRaffaele in visione a ufficio legale INFN (ricevuta mezz'ora fa la bozza rivista da controllare...)**

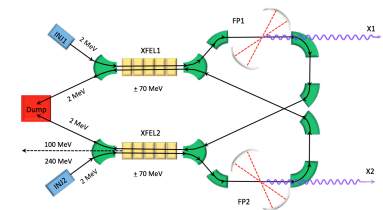
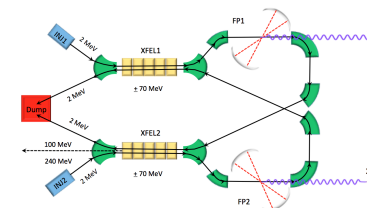


Tabelle Parametri

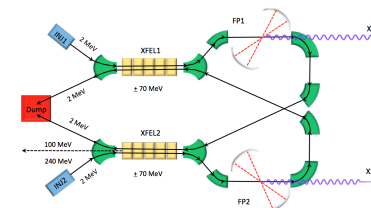


- Draft caricato su Alfresco/MariX: tutti i WG Coordinators devono monitorare lo stato delle Parameter Tables ed informarmi su discrepanze/errori/lacune etc.
- Sara' mia cura tenerle adeguatamente aggiornate.

MariX Parameter Tables Version 1.0 06/11/2017

Table 1: Summary of BriXS Compton X-ray beam Specifications

First Phase	
Photon energy	20 - 70 keV
Bandwidth (rms)	$\leq 5. \%$
# photons per shot within FWHM bdw.	$\leq 5.0 \cdot 10^4$
# photons/sec within FWHM bdw.	$\leq 1.25 \cdot 10^{12}$
Source rms size	$\leq 20 \mu m$
Source rms divergence	2 - 6 mrad
Photon beam spot size (FWHM) at z=10 m	4 - 12 cm
Peak Brilliance ($N_{ph}/sec mm^2 mrad^2 \cdot 0.1\%$)	$10^{20} - 10^{23}$
Radiation pulse length (rms, psec)	0.7 - 1.5
Linear/Circular Polarization	> 99 %
Repetition rate	25 MHz
Pulse-to-pulse separation	40 nsec



Second Phase	
Photon energy	20 - 150 <i>keV</i>
Bandwidth (rms)	$\leq 10. \%$
# photons per shot within FWHM bdw.	$\leq 1.0 \cdot 10^5$
# photons/sec within FWHM bdw.	$\leq 1.0 \cdot 10^{13}$
Source rms size	$\leq 20 \mu m$
Source rms divergence	1 - 6 <i>mrad</i>
Photon beam spot size (FWHM) at z=10 m	2 - 12 <i>cm</i>
Peak Brilliance ($N_{ph}/sec \cdot mm^2 \cdot mrad^2 \cdot 0.1\%$)	$10^{20} - 10^{23}$
Radiation pulse length (rms, <i>psec</i>)	0.7 - 1.5
Linear/Circular Polarization	> 99 %
Repetition rate	100 <i>MHz</i>
Pulse-to-pulse separation	10 <i>nsec</i>

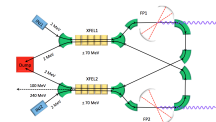


Table 2: Summary of FEL photon beam Specifications

First Phase	
Photon energy	0.5 – 1.2 keV
# photons per pulse	$> 10^8$
Bandwidth (rms)	$\leq 5.0 \cdot 10^{-4}$
Peak Brilliance ($N_{ph}/sec \cdot mm^2 \cdot mrad^2 \cdot 0.1\%$)	$10^{28} - 10^{30}$
Radiation pulse length (rms, fsec)	≤ 50
Repetition rate	≤ 1 MHz
Pulse-to-pulse separation	$> 1 \mu sec$

Second Phase	
Photon energy	0.5 – 5.0 keV
# photons per pulse	$> 10^8$
Bandwidth (rms)	$\leq 5.0 \cdot 10^{-4}$
Peak Brilliance ($N_{ph}/sec \cdot mm^2 \cdot mrad^2 \cdot 0.1\%$)	$10^{28} - 10^{31}$
Radiation pulse length (rms, fsec)	≤ 50
Repetition rate	≤ 1 MHz
Pulse-to-pulse separation	$> 1 \mu sec$

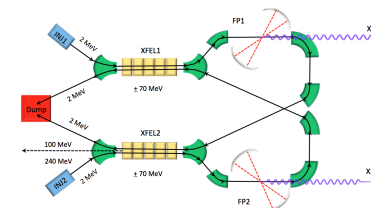


Table 3: Electron beam parameters at Compton (BriXS) Interaction Point

First Phase	
Energy (MeV)	30 - 60
Bunch charge (pC)	100 - 200
Repetition rate (MHz for CW operation)	25
Average Current (mA)	2.5 - 5
Nominal beam power (MW)	0.075 - 0.3
Energy recovered beam power (kW)	7 - 30
Bunch length (μm)	300 - 600
$\epsilon_{n,x,y}$ (mm-mrad)	0.6 - 1.0
Bunch Energy spread (%)	0.1 - 0.2
Focal spot size (μm)	> 15
Bunch separation (nsec)	40
Energy jitter shot-to-shot (rms)	0.2 %
Time arrival jitter (psec)	< 0.5
Pointing jitter (μm)	5

Second Phase	
Energy (MeV)	30 - 90
Bunch charge (pC)	100 - 400
Repetition rate (MHz for CW operation)	100
Average Current (mA)	10 - 40
Nominal beam power (MW)	0.3 - 3.6
Energy recovered beam power (kW)	30 - 360
Bunch length (μm)	300 - 800
$\epsilon_{n,x,y}$ (mm-mrad)	0.6 - 1.5
Bunch Energy spread (%)	0.1 - 0.4
Focal spot size (μm)	> 15
Bunch separation (nsec)	10
Energy jitter shot-to-shot (rms)	0.1 %
Time arrival jitter (psec)	< 0.5
Pointing jitter (μm)	3

Table 3a: Electron beam parameters at injection into FEL undulator

Energy (GeV)	1.5 - 2.5
Bunch charge (pC)	25 - 100
Bunch length (fsec)	20 - 50
$\epsilon_{n,x,y}$ (mm-mrad)	0.3 - 0.8
Bunch Energy spread (%)	0.04 - 0.08
Focal spot size (μm)	> 50
Bunch separation (μsec)	> 1
Energy jitter shot-to-shot	0.1 %
Time arrival jitter (fsec)	< 50
Pointing jitter (μm)	5

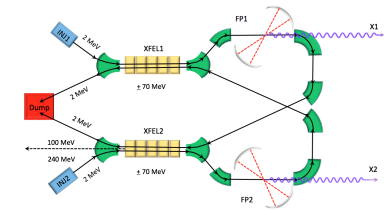
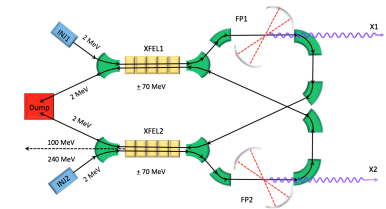
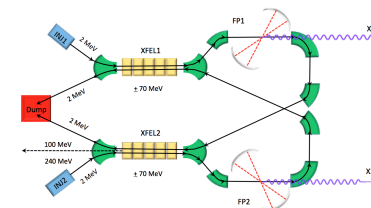


Table 4: Interaction Laser System

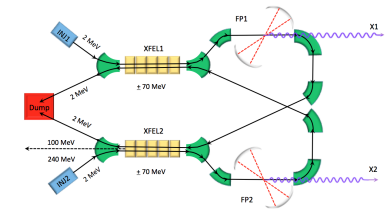
First Phase	
<i>Fabry-Perot Optical Cavity</i>	
Frequency (MHz)	100
Optical Stored Power (kW)	400
Pulse energy (J)	0.004
Wavelength (eV,nm)	1.2 , 1030
FWHM pulse length (ps)	2.0
M ²	1.2
Focal spot size w_0 (μm)	> 50
Bandwidth (rms)	< 0.1 %
Collision Angle (deg)	10
Synchronization to an ext. clock	< 0.5 psec
Pulse energy stability	1 %



Second Phase	
<i>Fabry-Perot Optical Cavity</i>	
Frequency (MHz)	100
Optical Stored Power (MW)	1.
Pulse energy (J)	0.01
Wavelength (eV,nm)	1.2 , 1030
FWHM pulse length (ps)	2.0
M ²	1.2
Focal spot size w ₀ (μm)	> 50
Bandwidth (rms)	< 0.1 %
Collision Angle (deg)	10
Synchronization to an ext. clock	< 0.5 psec
Pulse energy stability	1 %



2 different kinds of photon beams

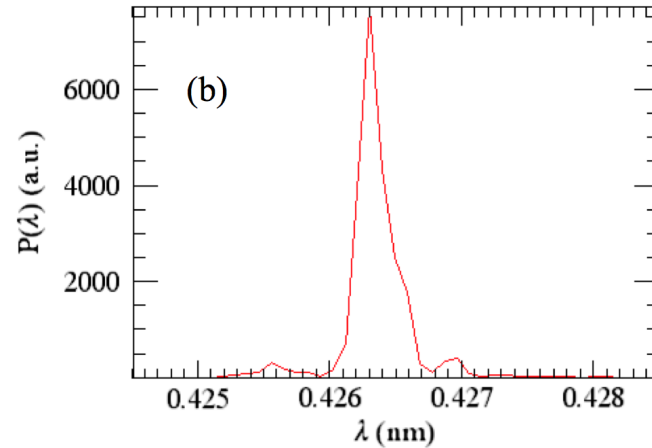


FEL fully coherent diffraction limited X-ray photon beam: 10^8 hv/pulse @ 1 MHz

in 0.05% $\Delta\nu/\nu$, 1-5 keV, $\sigma_t < 50$ fsec

$$\lambda_R = \lambda_w \frac{(1 + a_w^2)}{2\gamma^2}$$

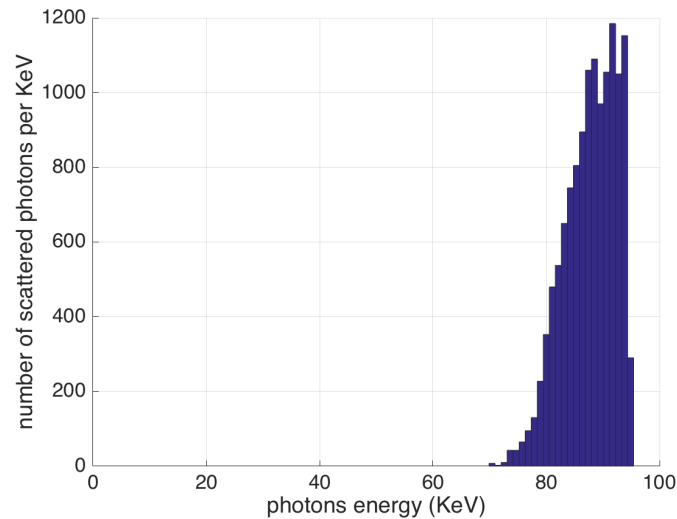
LCLS, 1 Angstrom
15 GeV, $\lambda_w = 2.5$ cm



FEL Spectrum
850 MeV, $\lambda_w = 4$ mm

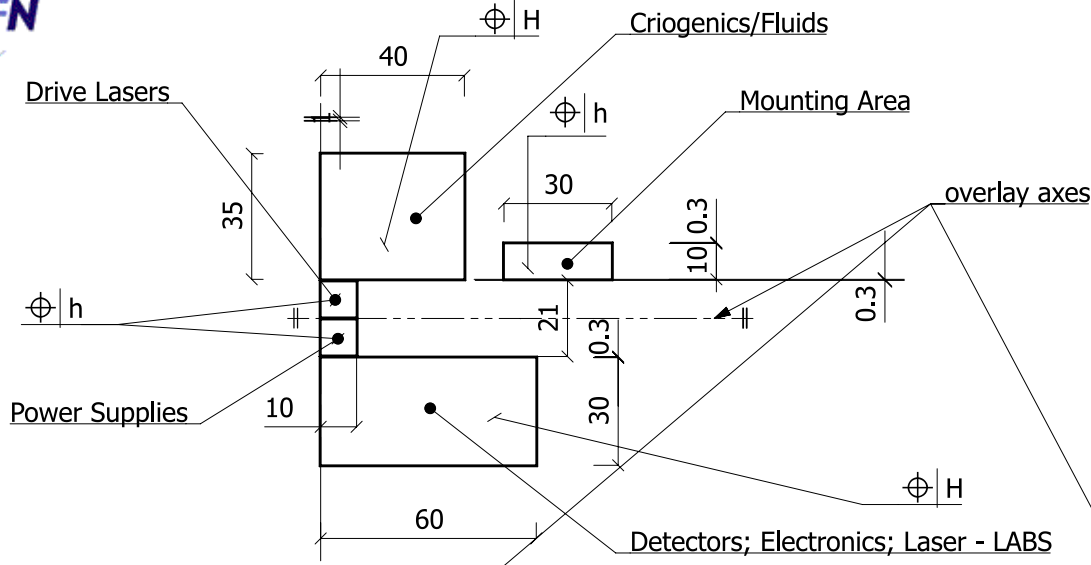
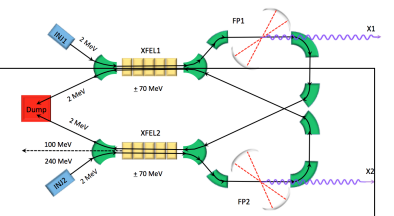
Compton X-ray photon beam: $10^{12} - 10^{13}$ hv/s (@ 100 MHz) in 5% $\Delta\nu/\nu$,
20-150 keV, tunable, polarized, $\sigma_t = 2$ psec 10 μm round source spot size,
mrad divergence

$$N_X^{bw} = 1.4 \cdot 10^{17} \frac{P_{FP} [MW] \langle I_e \rangle [mA]}{f_{FP} [MHz] \sigma_x^2 [\mu m^2]} bw$$

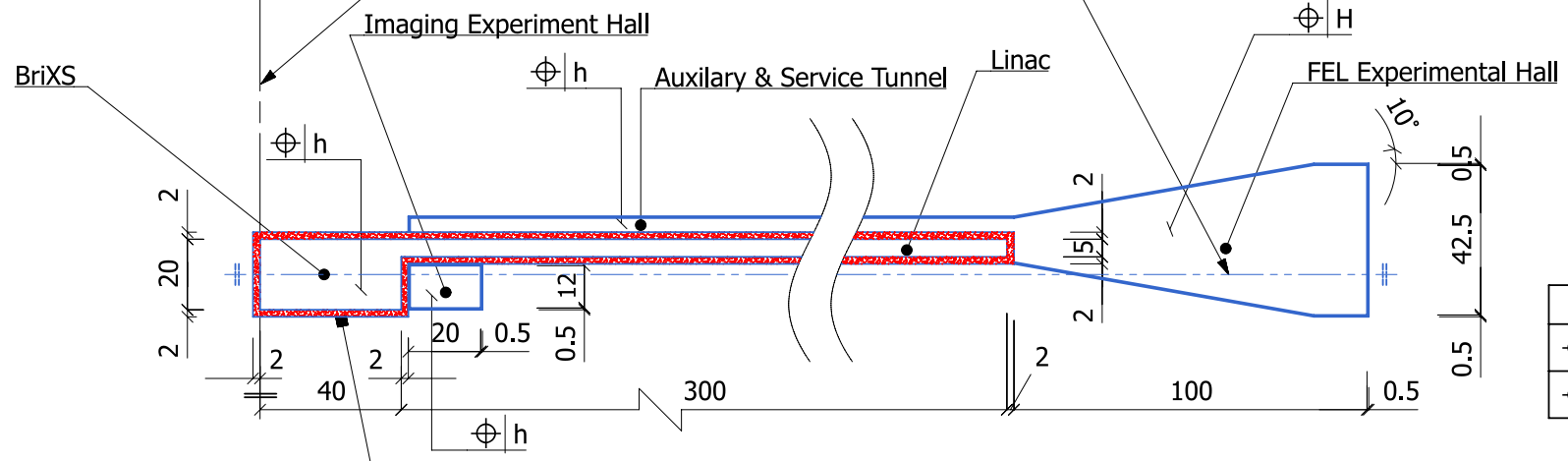


Compton spectrum
FP @ 200 kW, 10 mA

$2.6 \cdot 10^{12}$ photons/s



Underground bunkered surface = 3756 m²
 Underground not-bunkered surface = 3960 m²
 Above-ground surface = 3400 m²
 Total surface = 11116 m²



Ceiling Elevation	
⊕ h	5 m
⊕ H	8 m

These red-mark walls are 2 meters thick, radio-protection compliant, extend bottom to top seamless contouring the hall.

Title: Civil Eng. Plan	All Dim.s: meters	REVs	0	1	2	3
	Dw.name: Marix_draft_plant.prt	4	5	6	7	8
Scale: 1:2000 Sheet 01-00 /0	Drawn: Tomasi Approval: L. Serafini					
Project: MariX - Draft Civil Engineering	Date:	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Milano				
	17/Jul/					
	Sh.size: A4					



EUSPARC 2 GeV 1 mA

$$68 \text{ M€} \Rightarrow 68 \frac{\text{M€}}{\text{mA}}$$

EN.REC. BRIXS 80 MeV 10 mA

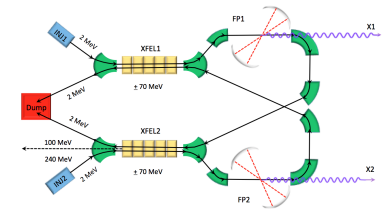
$$50 \text{ M€} \Rightarrow 5 \frac{\text{€}}{\text{mA}}$$

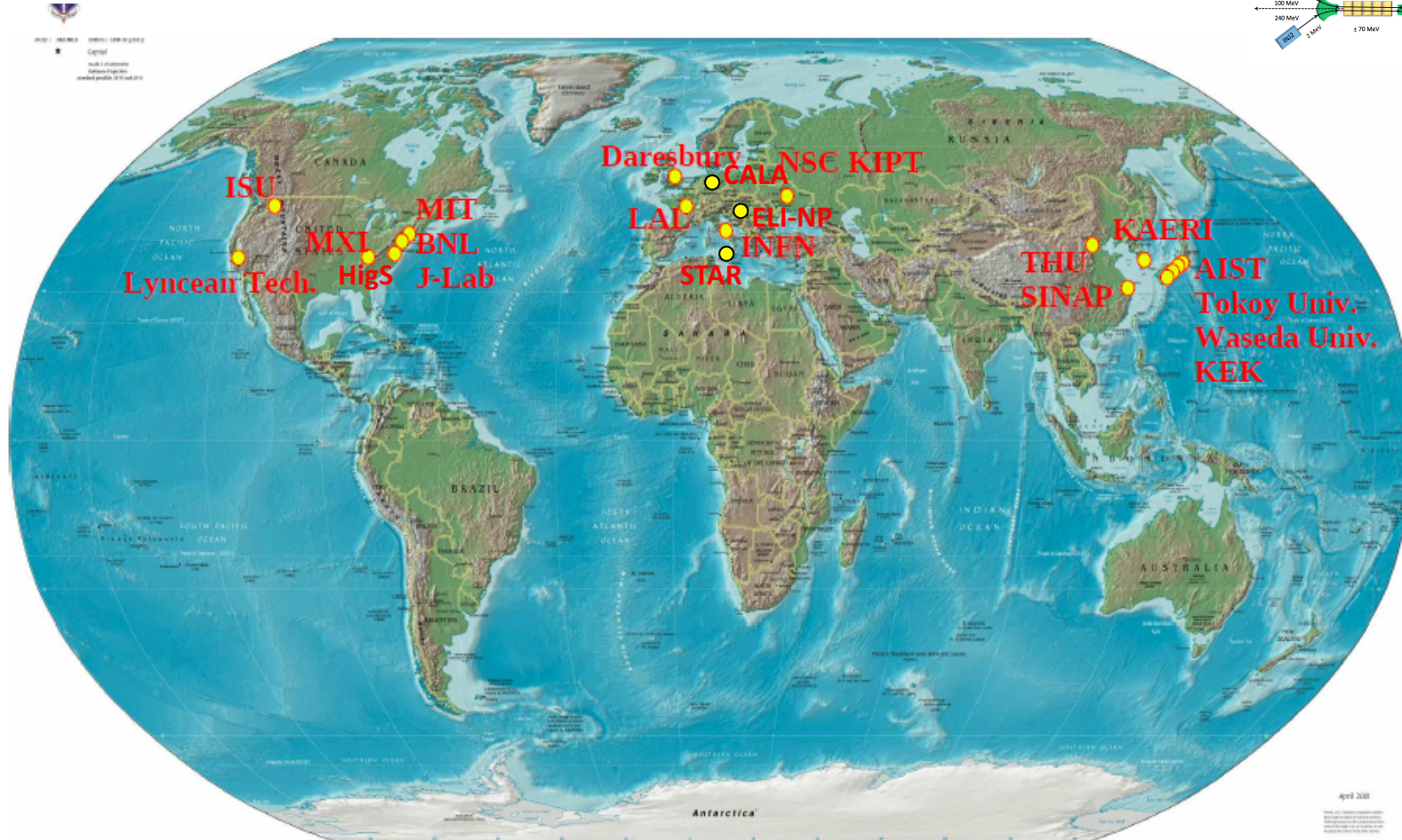
MARIX 1.5 GeV 100 μ A

$$350 \text{ M€} \Rightarrow 3500 \frac{\text{€}}{\text{mA}}$$

ELI-NP-GBS 750 MeV 1 μ A

$$65 \text{ M€} \Rightarrow 65 \frac{\text{k€}}{\text{mA}}$$





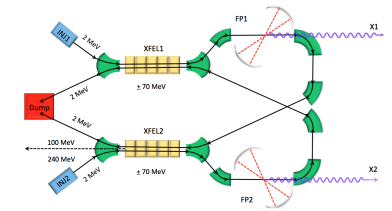
Le Sorgenti Thomson/Compton sono gli “acceleratori di fotoni” piu’ efficaci

“ $4\gamma^2$ boost effect”

$$E_{X/\gamma} = 4\gamma^2 E_{laser}$$

Courtesy A. Variola

with $T = 100\text{MeV}$ ($\gamma = 197$) $E_{laser} = 1.2\text{ eV} \Rightarrow E_{X/\gamma} = 186\text{ keV}$



I competitors in ambito Europeo:

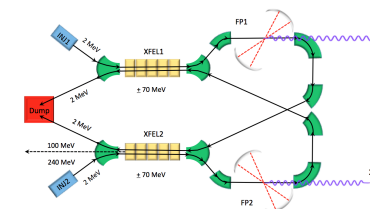
STAR a UniCAL (Cosenza)

ThomX a Orsay/LAL (Francia)



Collisore elettrone-fotone altamente asimmetrico e compatto* (cfr. LHC)

*10 m, 10 M\$



Fascio secondario di fotoni prodotto grazie al grande boost di Lorentz del sistema di riferimento del centro di massa elettrone-fotone (cfr. LHC, simmetrico, zero boost di Lorentz)

Fig.2 – STAR machine as an example of Paradigm A. Overall length about 12 m.

Nuova Generazione

Elettroni con energia nel range 10-100 MeV collidono contro fotoni laser con energia nel range 1-3 eV

- Cycle Freq = 20 msec
- RF pulse length 3 μ s
- Energy 50 - 70 MeV

- 2 Ips
- Easy integration
- Frees the straight sections
- CSR line

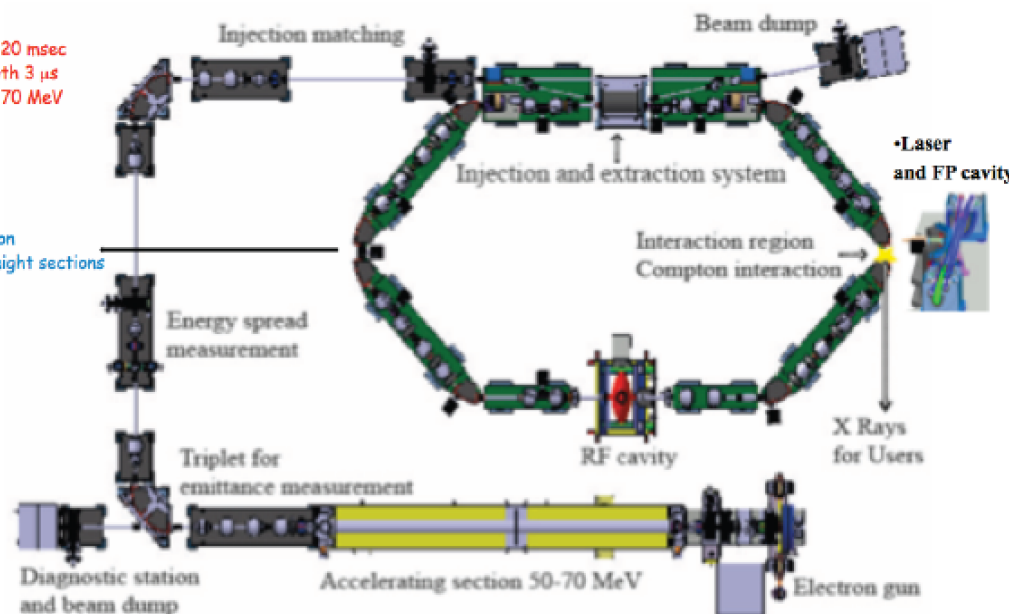
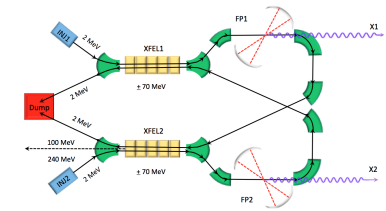


Fig.3 – ThomX as an example of Paradigm B. Size is about 10x10 m².

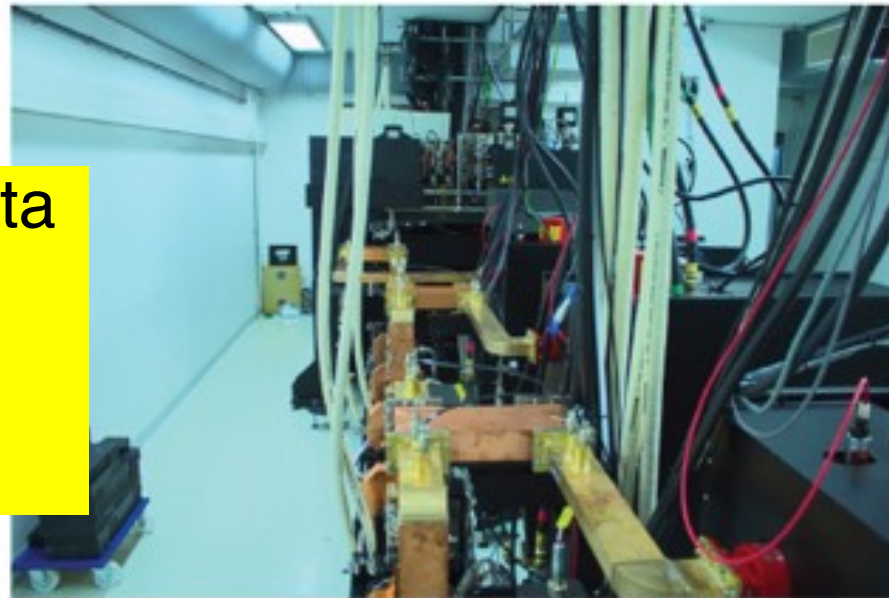


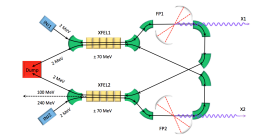
Biomedical imaging with the lab-sized laser-driven synchrotron source Munich Compact Light Source

Klaus Achterhold

Biomedical Physics, Physics-Department E17, Technische Universität München

macchina compatta
10x10 m²
In operazione dai
primi del 2015





$$E_x(\Theta, \alpha, E_L, T) = \frac{(1 + \beta \cos \alpha) E_L}{1 - \beta \cos \Theta + (E_L / mc^2)(1 + \cos(\Theta + \alpha))}$$

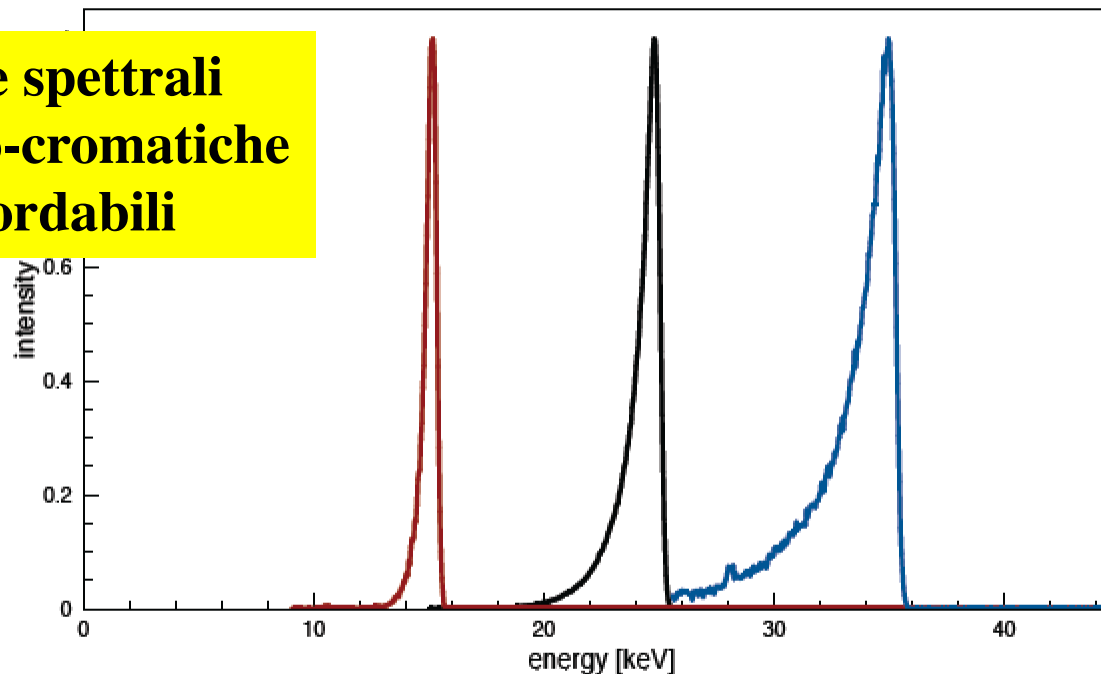
measured

Spectrum of X-rays
into +/- 2 mrad



Bandwidth

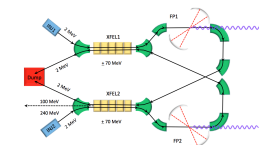
**Righe spettrali
mono-cromatiche
e accordabili**



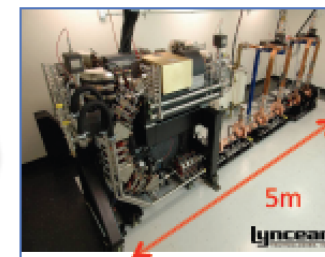
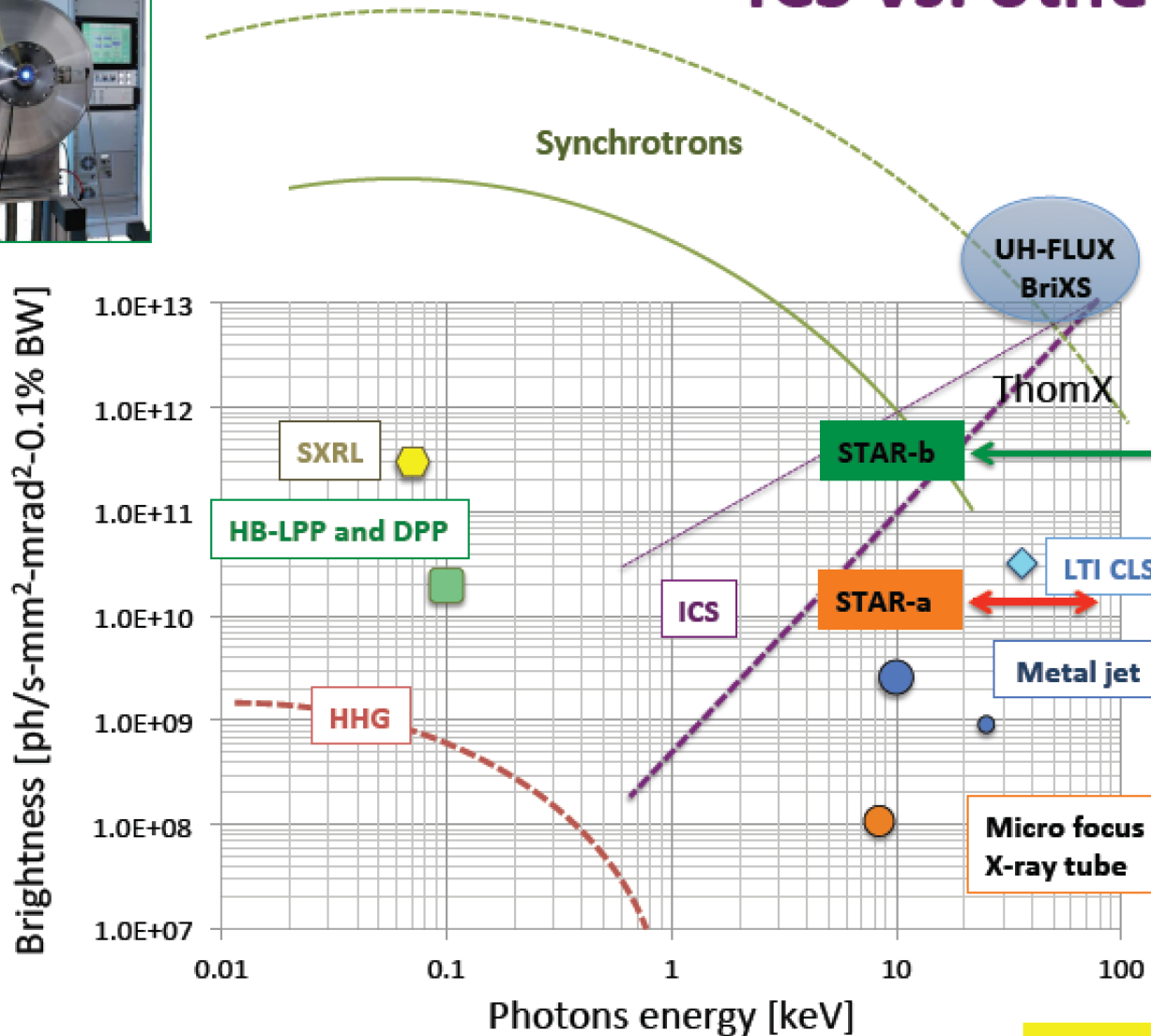
**Flusso misurato
 $1.5 \cdot 10^{10}$ fotoni/s con 10 mA**

$35000 + 0.0016 \cdot \Delta T$ with $\Delta T/T = 0.3\%$
 $35000 + 30000 \cdot \Delta E_L$ with $\Delta E_L/E_L = 10^{-12}$

$35000 - 9000 \cdot \Delta \alpha^2$ with $\Delta \alpha = 0.03$



ICS vs. other sources



Courtesy of A. Murokh
RadiaBeamTechnology



Brilliance of Lasers and X-ray sources

$$N_{ph} = 10^{19} - 10^{20}$$

$$\sigma_t = 10 - 20 \text{ fs}$$

ELI
BELLA

$$B = \frac{N_{ph}}{\sqrt{2\pi}\sigma_t (M^2\lambda)^2 \frac{\Delta\lambda}{\lambda}}$$

Outstanding X/γ photon beams
for Exotic Colliders

