



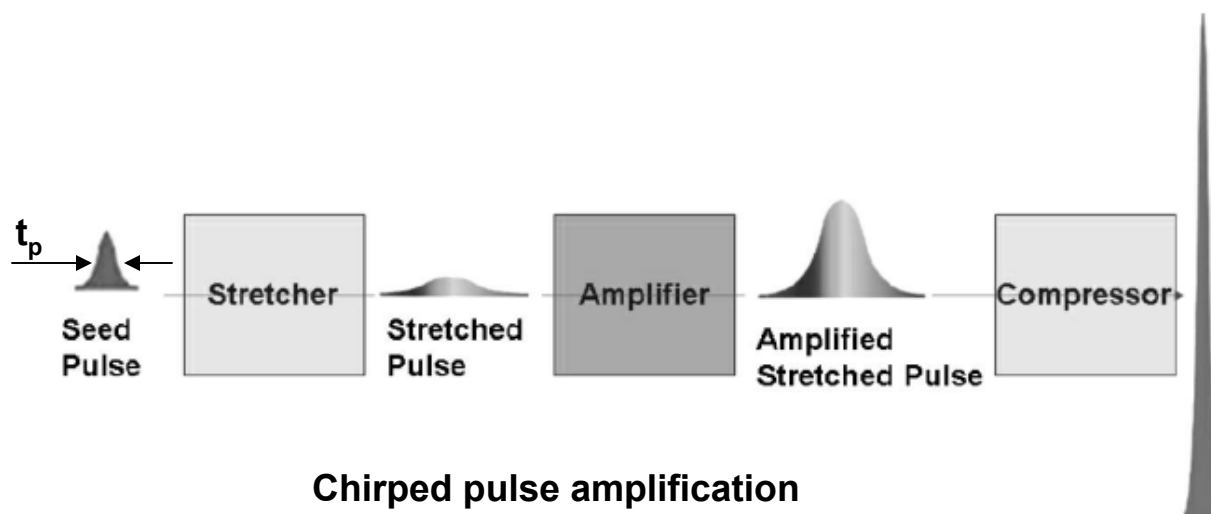
Dezvoltarea infrastructurii de cercetare cu laseri in femtosecunde de mare putere in Institutul National pentru Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei - INFLPR

Razvan Dabu

Sectia Laseri-INFLPR, Tel/Fax: 021-4575066; e-mail: razvan.dabu@inflpr.ro

1. Evolutia domeniului pe plan mondial.
2. Situatia actuala si perspective in INFLPR.
3. Concluzii.

1.1. Sistemele laser de mare putere cu pulsuri ultra-scurte s-au dezvoltat odata cu **descoperirea principiului amplificarii pulsurilor de femtosecunde prin largire-scurtare temporală**



Chirped pulse amplification

1. Oscilatoare laser cu banda spectrala foarte larga in regim de cuplare in faza a modurilor longitudinale de oscilatie – “mode-locking”, $t_p \sim 1/\Delta\nu$. Ti:safir, $\Delta\lambda = 5-100$ nm, $t_p = 10-200$ fs
2. “Chirped pulse amplification” - CPA

P. Maine, D. Strickland, P. Bado, M. Pessot, G. Mourou, „Generation of ultrahigh peak power pulses by chirped pulse amplification”, IEEE J. Quantum Electron. 24, (1988), 398-403.



1.2. Evolutia laserilor in femtosecunde

Anii '80: Oscilatoare cu Ti:safir, 800 nm, 100-200 fs, 3-5 nJ/puls, zeci de kW, 80 MHz

Inceputul anilor '90: Sisteme laser oscilator – amplificator regenerativ, 100 fs, 0.5-1 mJ/puls, GW, 1-2 kHz

Mijlocul anilor '90: Laseri cu amplificatoare multipas, 100 fs, 5-20 mJ/puls, zeci-sute GW, 10 Hz

Sfarsitul anilor '90 – inceputul anilor 2000: Laseri cu mai multe amplificatoare, 20-100 fs, 100 mJ, 1-10 TW, 10 Hz

Mijlocul anilor 2000: Laseri cu amplificatoare de mare energie, 20-25 fs, 3-5 J/puls, 100-200 TW, 10 Hz

In prezent: In curs de dezvoltare-experimentare laseri in fs cu putere de ordinul 1 PW, frecventa de repetitie ≤ 0.1 Hz; in stadiul de cercetare-dezvoltare laseri in fs cu putere de 10 PW; in stadiul de concept laseri cu putere de 10-100 PW.

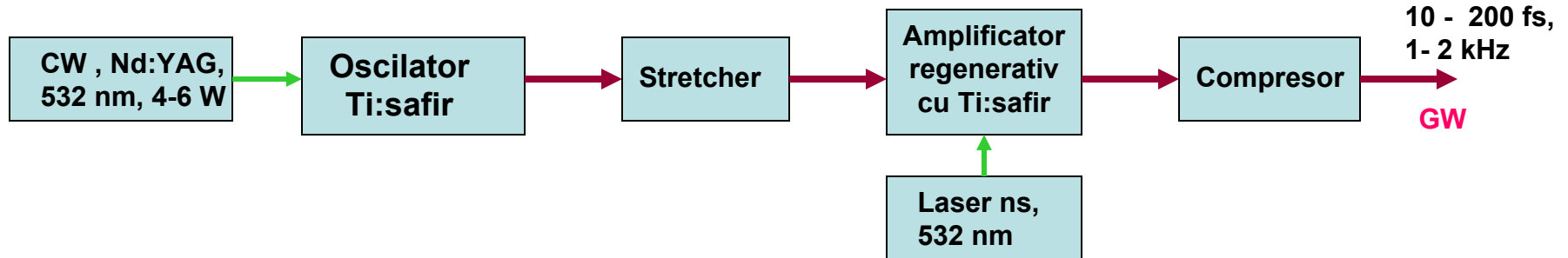
1.3. Sisteme comerciale de laseri cu pulsuri de femtosecunde



1. Oscilatoare, cost < 100 kEUR

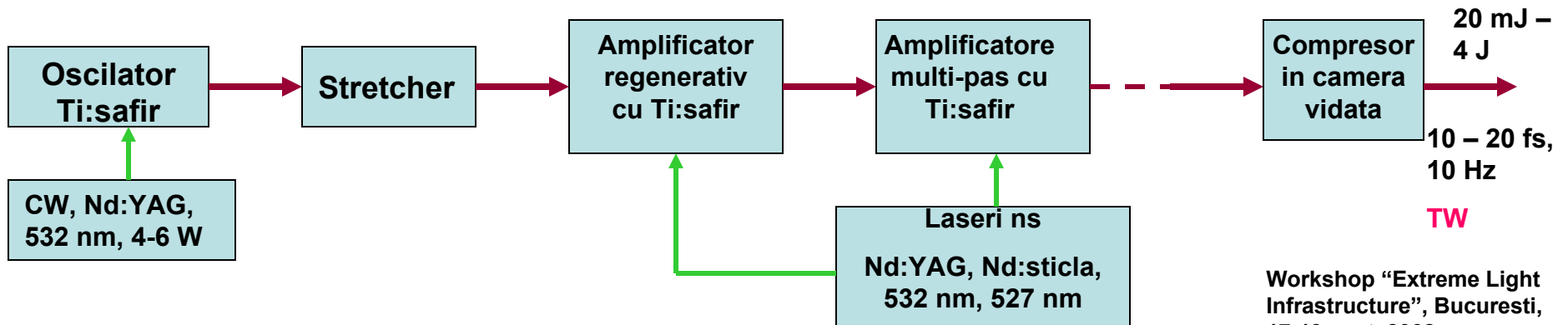


2. Oscilator + amplificator regenerativ, cost ~ 200 kEUR



3. Oscilator + amplificator regenerativ + amplificator(oare) multi-pas,

Costuri: 1 TW ~ 500 kEUR, 20-40 TW ~ 1-1.5 MEUR, 100-200 TW ~ 2-2.5 MEUR



1.4. Laseri in femtosecunde cu putere pe puls ~ 1 PW



1. Mediu amplificator sticla dopata cu Nd sau Yb

- 1999, Lawrence Livermore Laboratory, USA: sistem hibrid - amplificatoare Ti:safir pompate la 532 nm si Nd:sticla pompate cu flash-lamp, 1054nm, 660 J, 440 fs (**1.5 PW**), cateva pulsuri pe ora.
- *Proiectul POLARIS (Germania): amplificatoare Yb:sticla fosfatica pompate cu diode laser la 940nm, lungime de unda centrala 1032 nm, 150 J, 150 fs, frecventa de repetitie?*

2. Mediu amplificator Ti:safir pompat cu laser cu Nd:sticla dublat in frecventa (527 nm)

- 2008, Astra Gemini, Central Laser Facility – Rutherford Appellton Laboratory, U.K.: lungime de unda centrala de 800 nm, doua fascicule laser cu energie totala de 35 J, 30 fs (**2 x 0.58 PW**), un puls/20 secunde
- 2003, Japan Atomic Energy Research Institute, Kyoto, Japonia: 28 J, 800 nm, 33 fs (**0.85 PW**), cateva pulsuri pe ora.
- 2007, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, China: 800 nm, 25.8 J, 29 fs (**0.89 PW**), cateva pulsuri pe ora.
- *Proiectul LASERIX, Universitatea Paris-Sud, Franta: 33 J, 800 nm, 39 fs, 0.1 Hz*

3. Optical parametric chirped pulse amplification (OPCPA)

- 2007, Institutul de Fizica Aplicata, Nizhny Novgorod, Rusia: OPA cu cristale de DKDP pompate cu laseri cu Nd:sticla dublati in frecventa (527 nm), 910 nm, 24 J, 43 fs (**0.56 PW**)
- *Proiect in derulare - Petawatt Field Synthesizer (PFS), MPQ-Garching, Germania: OPA cu cristale DKDP pompate cu laseri Yb:YAG dublati in frecventa (515 nm), 0.8-1.6 μ m, 3 J, 5 fs, 10 Hz.*

1.5. Amplificatoarele laser in femtosecunde de mare putere – (> 10 PW)



Variante posibile:

- 1) Amplificatoare cu cristale de Ti:safir de mari dimensiuni
- 2) “Optical parametric chirped pulse amplification” – OPCPA cu pulsuri multiple de pompaj
- 3) Sistem hibrid (laser frontal OPCPA + amplificatoare cu Ti:safir de mare putere)

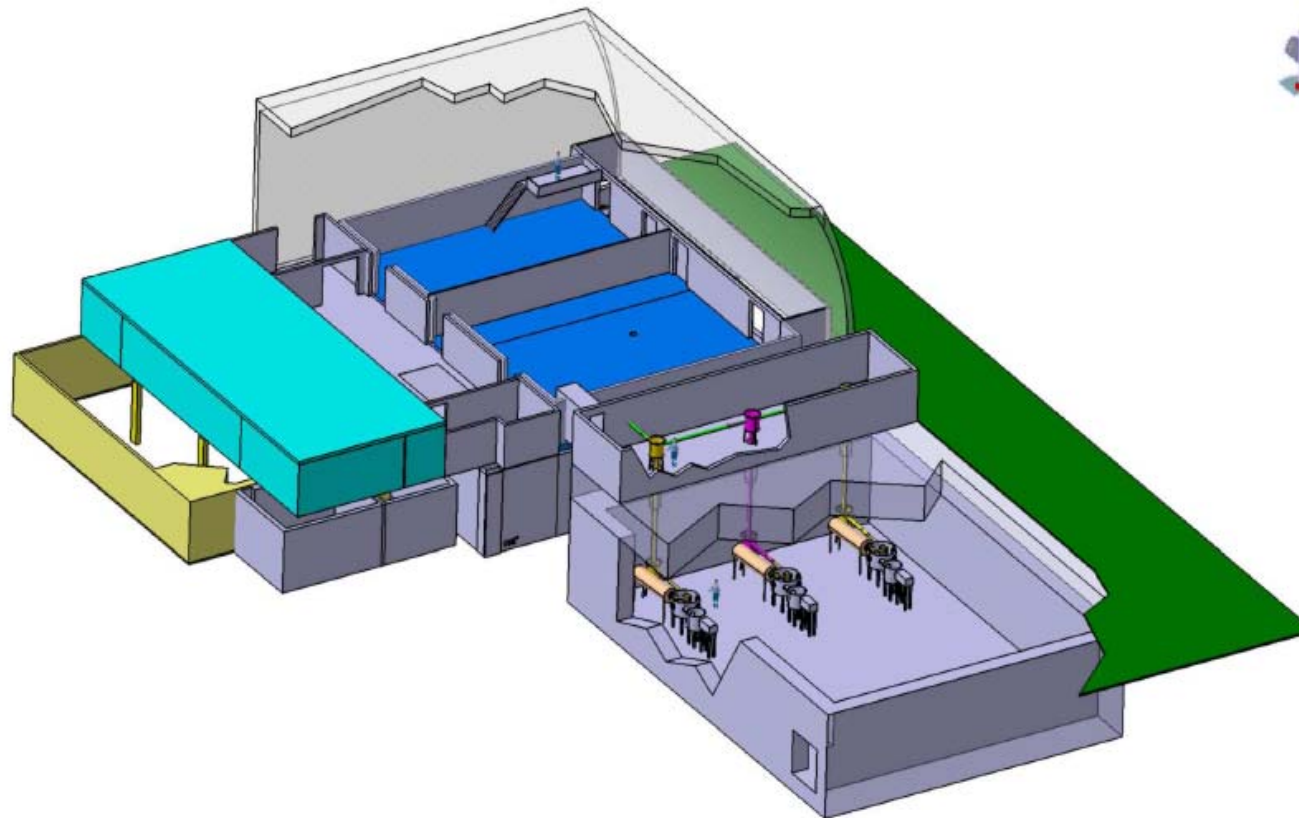
Probleme tehnice greu de rezolvat:

- Cresterea de medii active Ti:safir de mari dimensiuni (200 mm diametru)- (1,3)
- Realizarea laserilor de pompaj (energie pe puls de 800 -1600 J in verde) pentru amplificatoarele cu Ti:safir – (1,3)
- Retele de diode laser de pompaj de mare putere, lant amplificator cu laser Yb:YAG - (2)
- Sincronizarea pulsurilor de picosecunde ale laserilor de pompaj cu pulsul de amplificat – (2,3)
- Retelele de difractie din compresoarele temporale – (1,2,3)

Evaluare Franta (aprilie 2008):

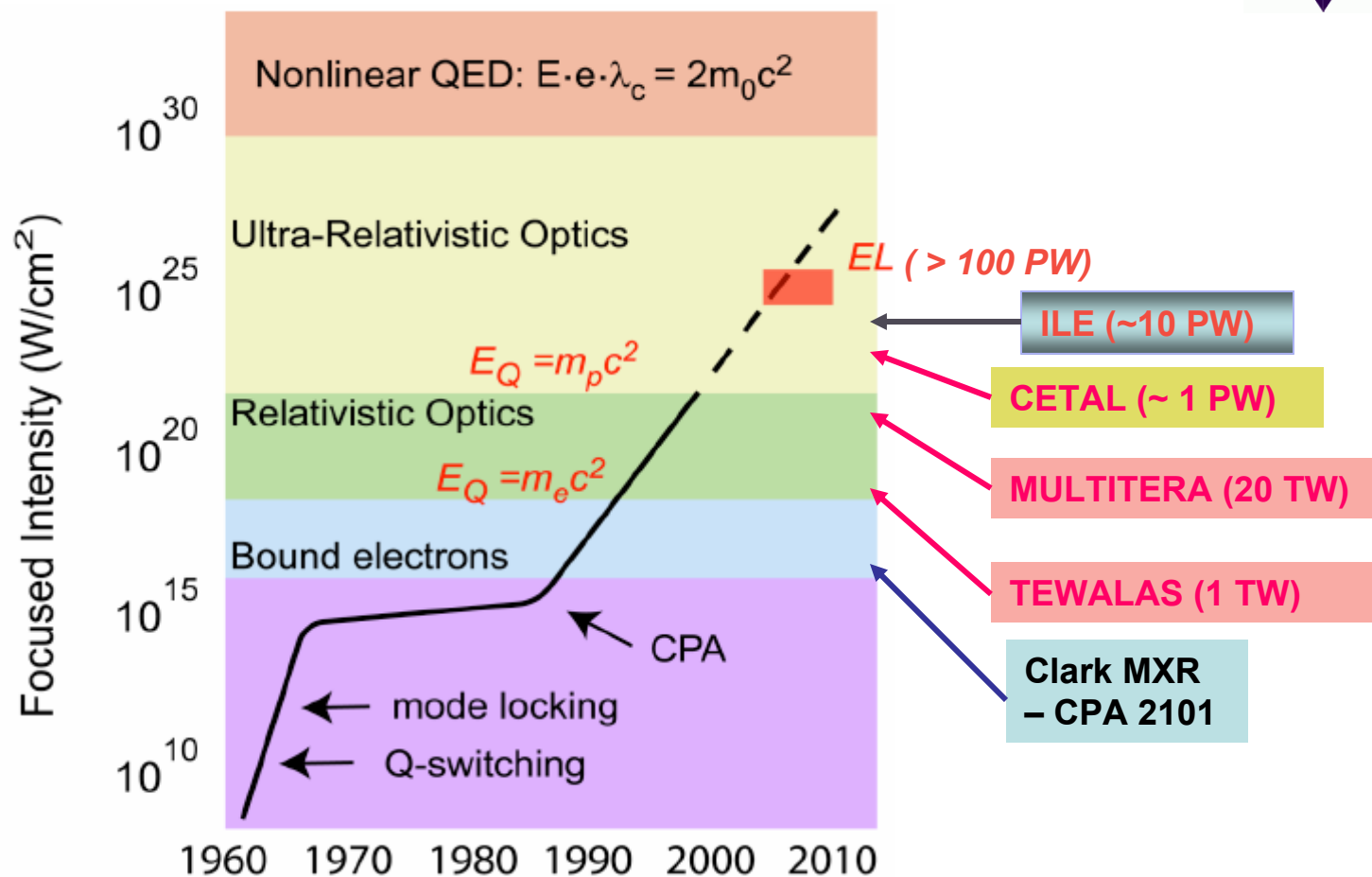
Costuri dezvoltare tehnologica pentru rezolvarea problemelor tehnice si cercetarile asociate: ~ 100 MEUR.

1.6. Institut de la Lumiere Extreme – ILE, Paris, ~ 10 PW



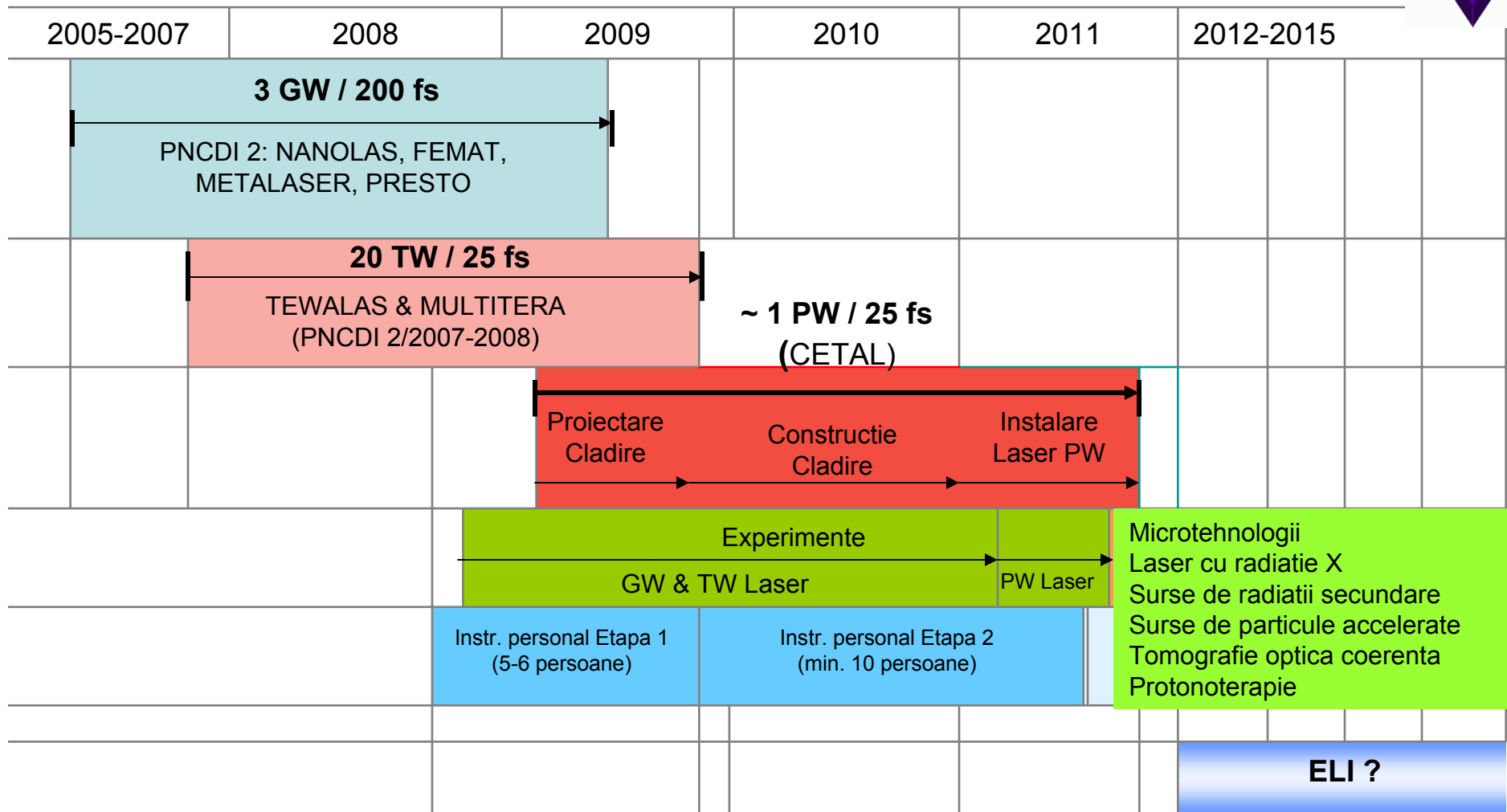
Site LOA. Dessins d'artiste d'un possible site expérimental autour du bâtiment P qui accueille le laser d'ILE.

1.7. Evolutia densitatii de putere focalizata a sistemelor laser pulsate



G. A. Mourou, T. Tajima, S. V. Bulanov, "Optics in relativistic regime", *Reviews of Modern Physics*, Vol. 78, April-June 2006, pp. 309-371

2.1. Strategia de dezvoltare a infrastructurii de cercetare cu laseri in femtosecunde de mare putere in INFLPR



2.2. Laser CLARK MXR - CPA2101

Oscilator laser fibra optica Er-sticla dublat in frecventa

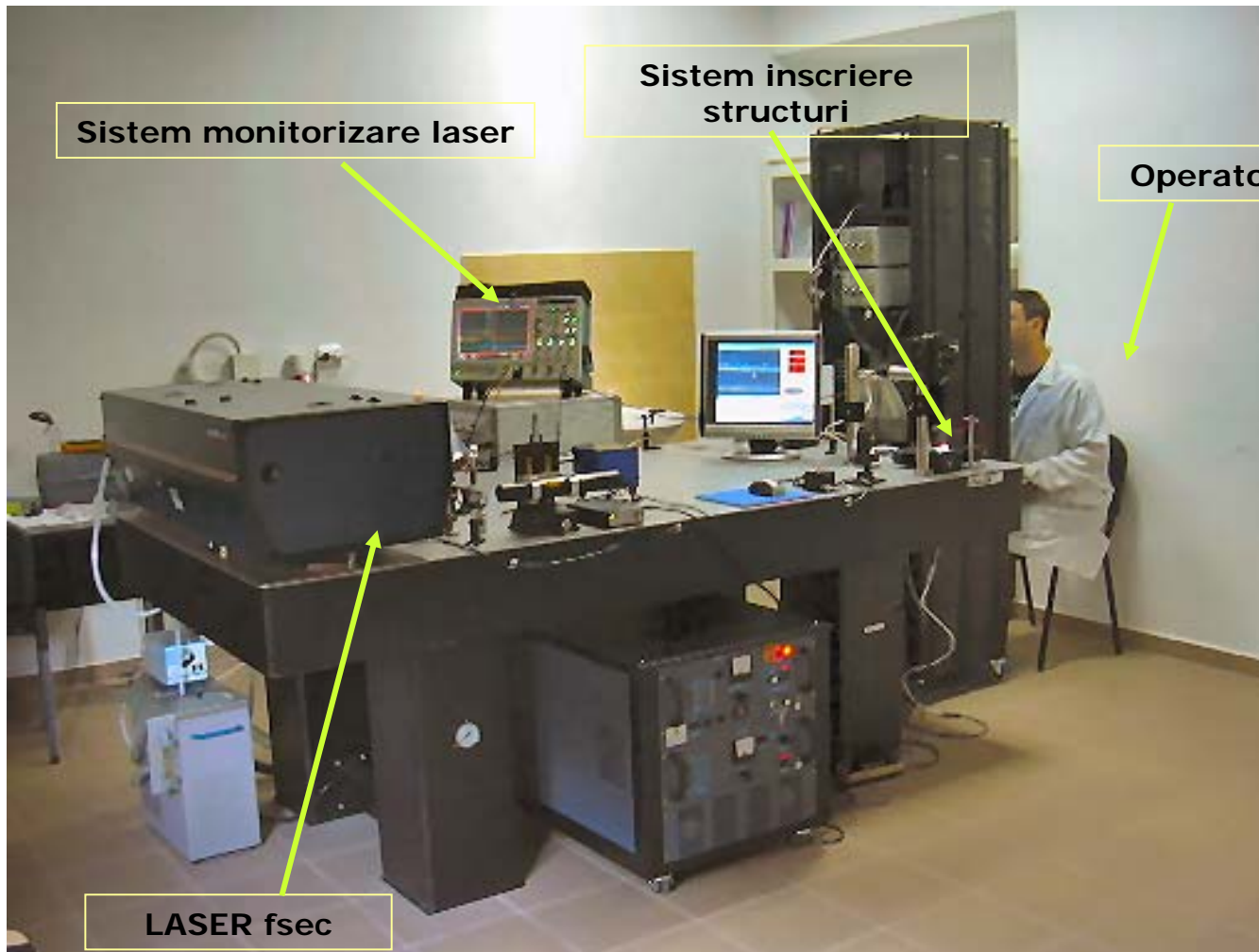
- lungime de unda laser 775nm
- durata de puls ~ 200 fsec
- frecventa de repetitie 35MHz
- energie/puls ~ 43 pJ
- (putere medie ~ 1.5 mW)

Amplificator regenerativ Ti:safir

- radiatie laser 775nm
- durata de puls ~ 200 fsec
- frecventa de repetitie 2kHz
- energie/puls ~ 700 μ J
- (putere medie ~ 1.4 W)

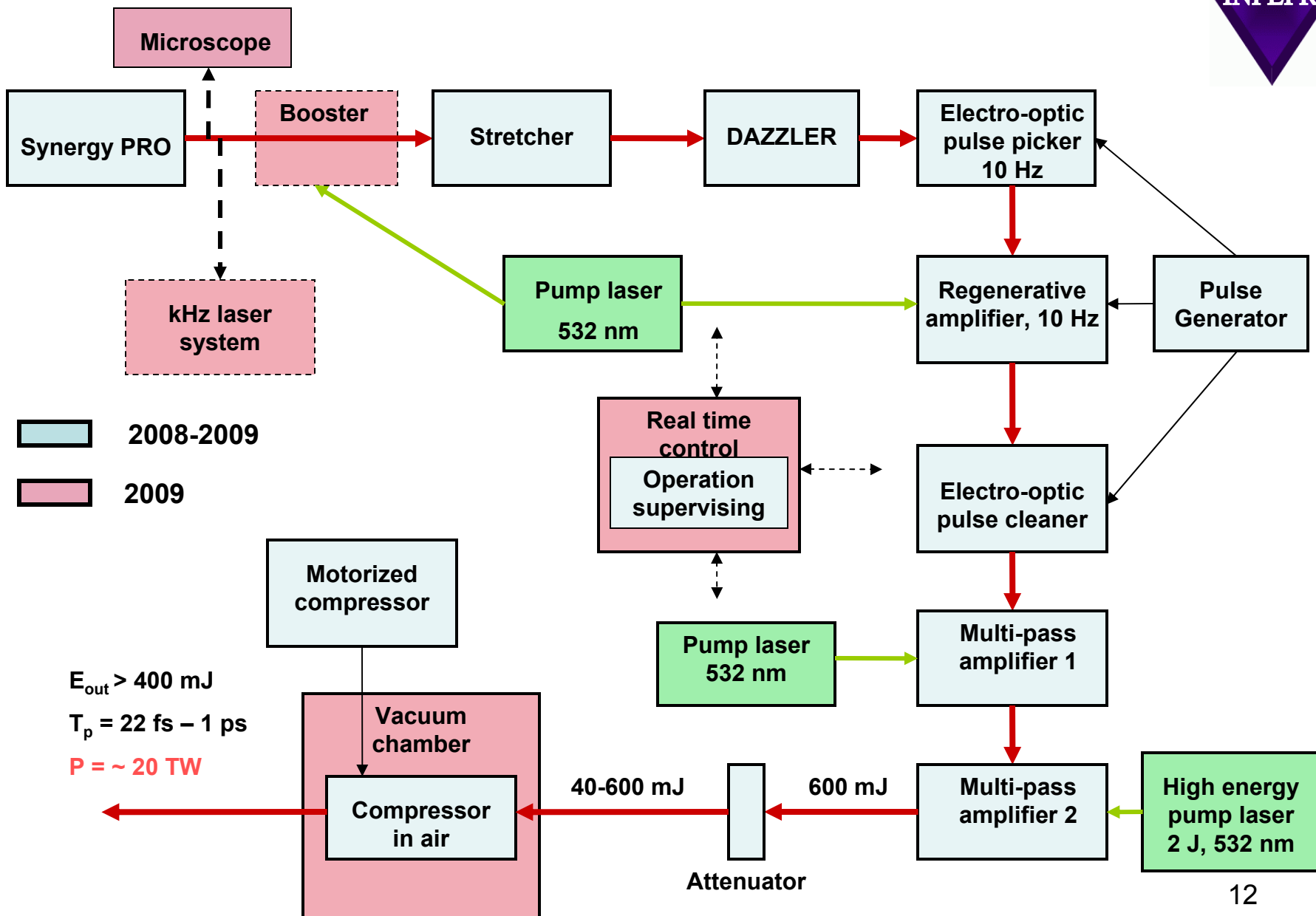


2.3. Laser in femtosecunde si montaj experimental pentru aplicatii in micro/nanotehnologii

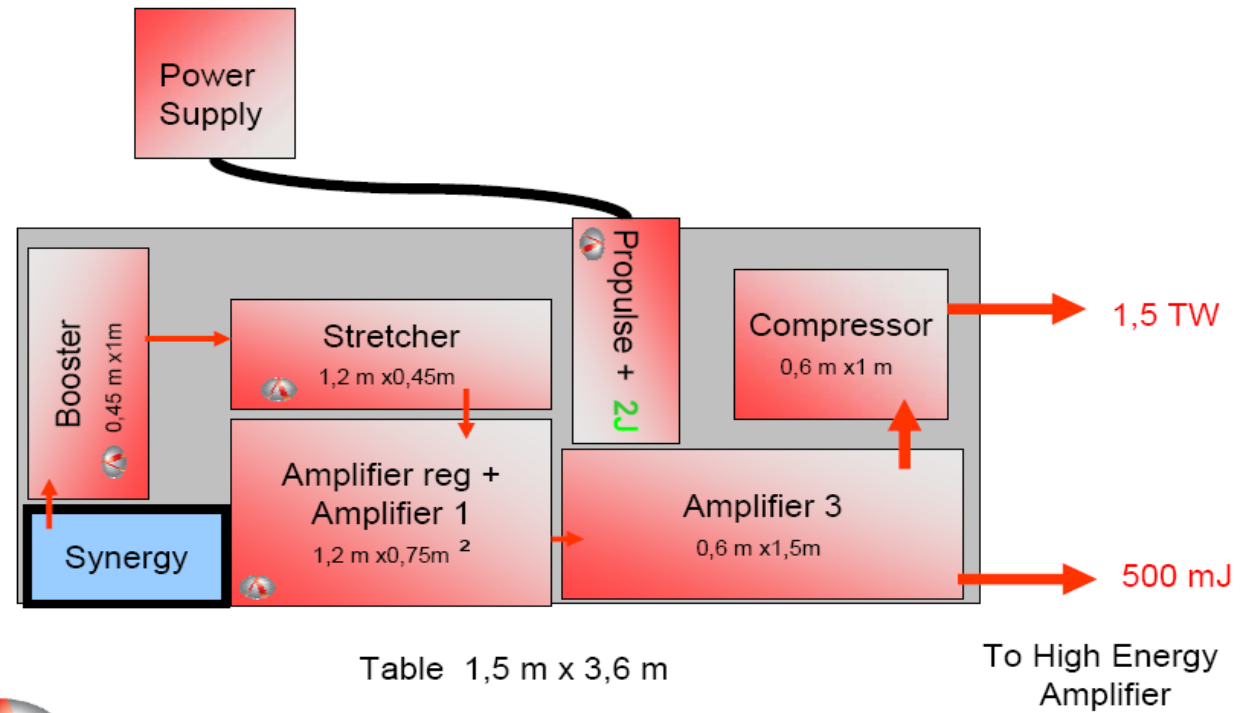


Lungime de unda, 775 nm; $E_{\text{puls}} = 0.7 \text{ mJ}$; $t_p < 200 \text{ fs}$; $f_{\text{rep}} = 2 \text{ kHz}$

2.4. TERAWATT LASER (2008-2009)

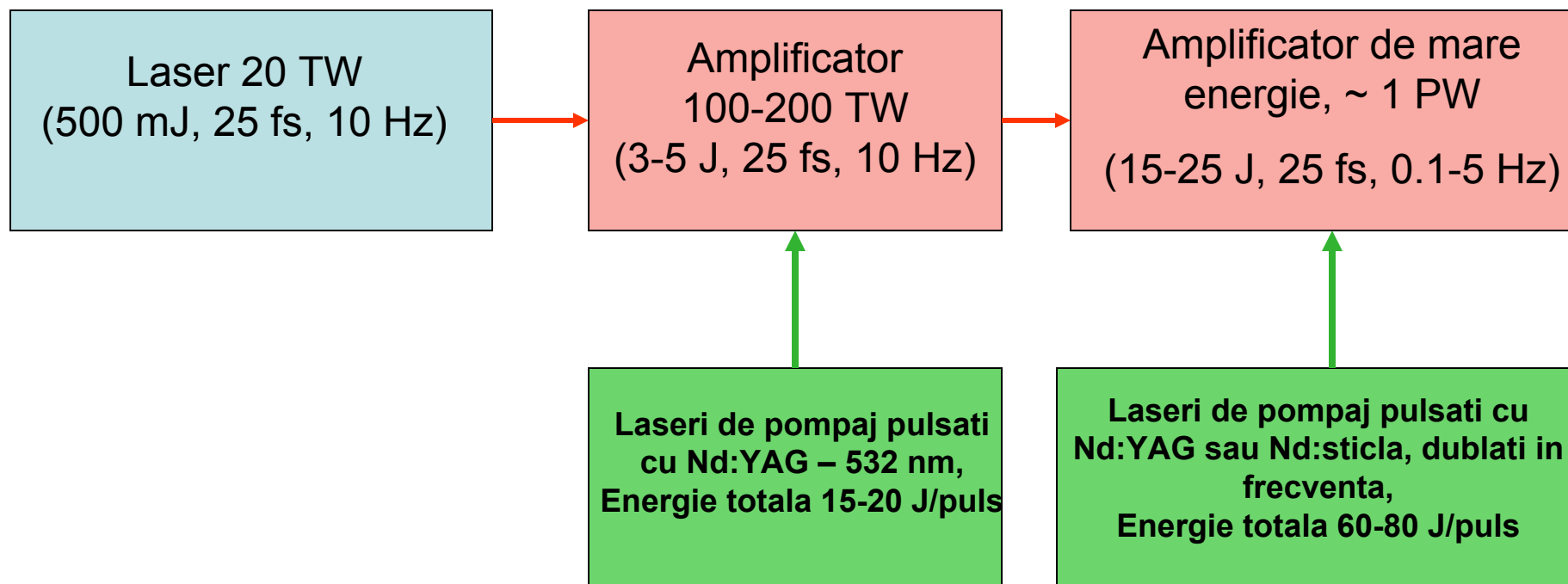


2.5. Laser amplificator in fs cu putere de 20 TW (Amplitude Technologies, Franta)





2.6. Laser in femtosecunde cu putere de sute de TW – 1 PW





2.7. Costuri ale sistemelor laser in femtosecunde de mare putere

1) Sisteme laser comerciale (Amplitude Technologies, THALES)

1 TW	500 kEUR
20-40 TW	1-1.5 MEUR
100-200 TW	2-2.5 MEUR

2) Sisteme cvasi-comerciale, in curs de dezvoltare-experimentare

1 PW	4-6 MEUR
------	----------

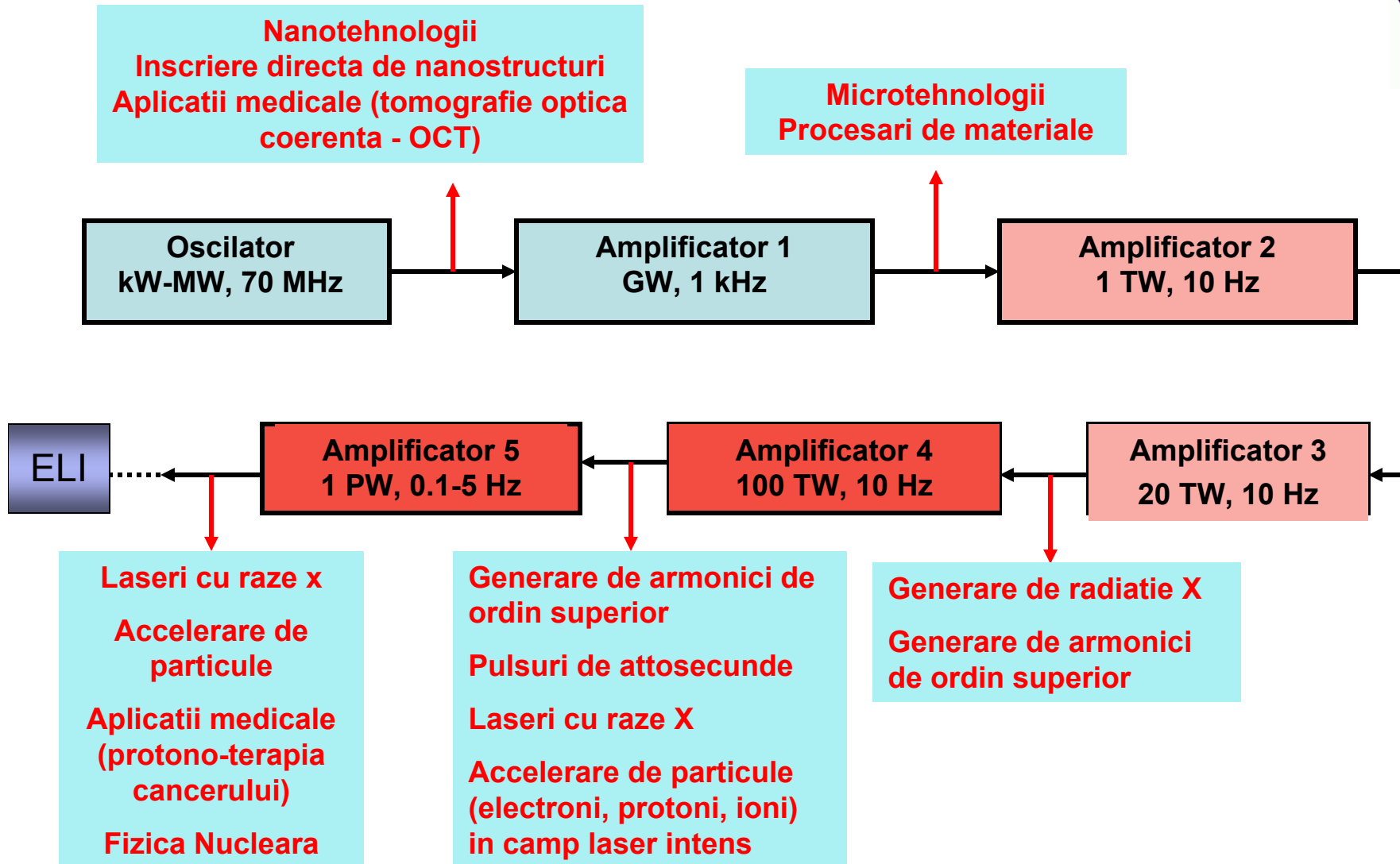
3) Sisteme laser in curs de cercetare-dezvoltare

10 PW	50-100 MEUR?
-------	--------------

4) Sisteme laser in stadiul de concept

100-300 PW	500 MEUR?
------------	-----------

2.8. Aplicatii sistem laser in femtosecunde (durata puls 25 fs) de mare putere





CONCLUZII

- Sistemul laser in fs cu putere de ordinul 1 PW, care se va construi pana in 2011 in Romania, ar putea fi unul din cele mai performante din lume, facilitate de interes national si international.
- Cercetatorii romani din strainatate, impreuna cu cercetatorii din tara, au un rol important in dezvoltarea unor proiecte comune bazate pe aceasta facilitate laser.
- Sunt necesare eforturi pentru valorificarea facilitatii laser atat prin studii si experimente in domeniul stiintelor de baza, cat si prin dezvoltarea unor aplicatii cu impact economic sau social.

*8-14 Oct 2009 – Conferinta Internationala “Extreme Light Infrastructure”,
Brasov*