

ALEA

(Accélérateurs Lasers Et Applications)

IJCLab

Composition de l'Equipe

1. Responsable scientifique de l'équipe: Daniele Nutarelli, Kevin Cassou

2. Budget Annuel Soutien Equipe (hors budget projets): 24975 euros (1350 euros par membre de l'équipe cad 18,5 permanents)

3. Liste des chercheurs de l'équipe:

• **X permanents** [Prénom, Nom, Qualité (Emérite, PR, DR, MCF, CR, IR-Chercheur), (HDR ou pas)]

Bruno Lucas	<u>MdC</u>
Kevin Cassou	<u>IR</u>
David Ros	<u>MdC (HdR)</u>
Kevin Dupraz	<u>MdC</u>
Jean Marcel Rax	<u>Pr</u>
Aurélien Martens	<u>CR (HdR)</u>
Marie Jacquet	<u>DR</u>
Moana Pittman	<u>IR</u>
Hugues Monard	<u>IR</u>
Daniele Nutarelli	<u>MdC</u>
Olivier Guilbaud	<u>MdC</u>
Christian Pascaud	<u>DR (éméritat)</u>
Sophie Kazamias	<u>Pr</u>
Viktor Soskov	<u>IR</u>
Fabian Zomer	<u>Pr</u>

Composition de l'Equipe

- **X Doctorants:** [Prénom, Nom, indiquer sujet, origine financement, directeur, codirection, cotutelle, date de début, date de fin]

Manar Amer : « Research and Development on very high finesse optical cavity for the ThomX Compton X-ray machine », debut october 2020, F. Zomer (D. Nutarelli), cotutèle avec la Palestine.

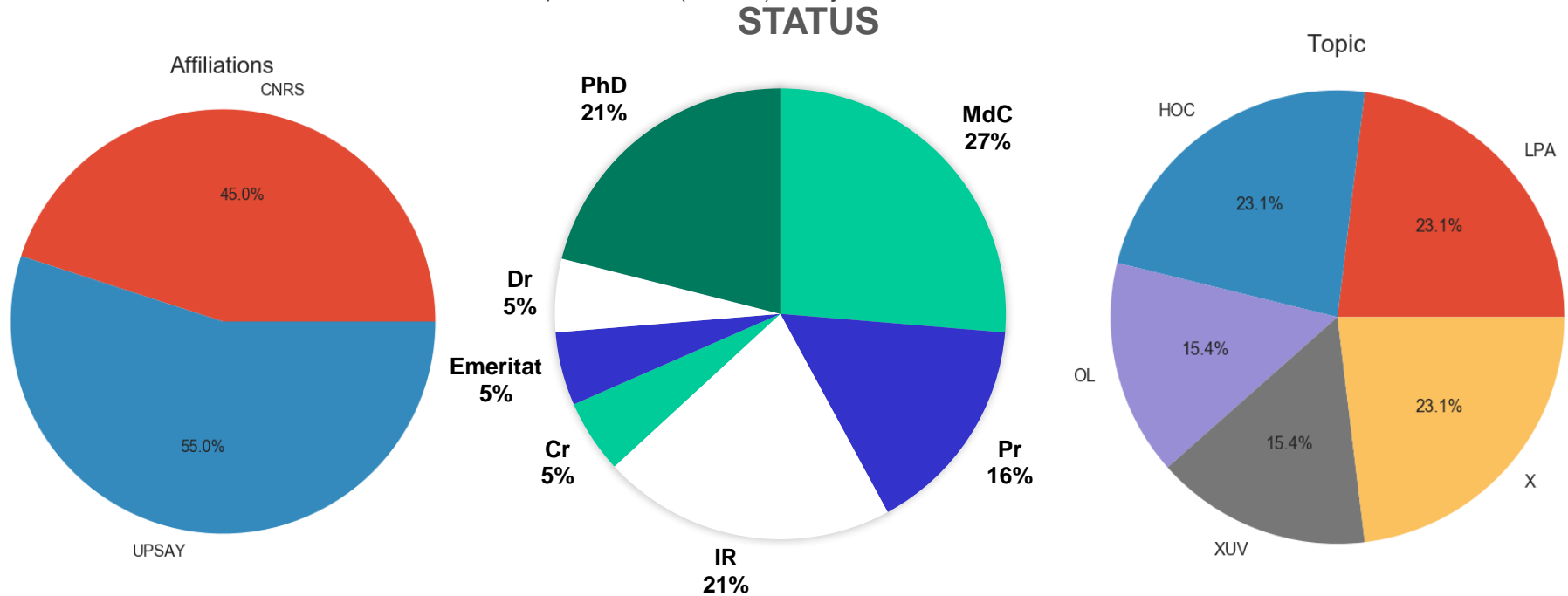
Frédéric Blanc : «Développement d'une source laser de très haute cadence (GHz), amplifiée en mode burst et injection dans un résonateur optique pour des applications en physique des accélérateurs.», début 1 mars 2021 F. Zomer (K. Dupraz) CIFRE (Amplitude)

Pierre Drobniak : «Développement d'un prototype d'injecteur laser-plasma à 150 MeV », début octobre 2020, K. Cassou (S. Kazamias), U Paris Saclay.

Alok Kumar Pandey : « Vector vortex extreme UltraViolet beams: generation, characterization and amplification », début octobre 2017, S. Kazamias, (O. Guilbaud) U Paris Saclay

L'équipe (repartition RH)

Constitution : 19 personnes (4 PHD) , majoritairement universitaire



HOC: High power optical cavity, HEP: high energy physics, LPA : Laser Plasma Accelerator,
OL: optics and laser, X/XUV : sources and applications

Activités de l'Equipe et expertises

Interaction laser – [électron / matière] en champ fort

- Optimisation sources Gamma et X basée sur l'interaction Compton
- Polarimétrie Compton
- Génération harmoniques d'ordre élevés et amplification plasma laser.

Nouvelles techniques d'accélération basées sur l'utilisation laser intense

- Développement d'un injecteur laser-plasma 150MeV, 30pC, $dE/E < 10\%$, $emitt. < 1 \text{ mm.mrad}$
- Génération THz, nouveau schéma IFEL, accélération fort gradient

Sources X/XUV:

- Applications sociétales sources compacts X ThomX
- Génération OAM XUV et utilisation

intégration laser
HP et UHI et
optique pour les
accélérateur

Les Projets de recherche

Accélération Laser Plasma

- PALLAS

High energy physics (HEP):

- Polarimetry BELLE-II + ILC
- Gammafactory POP

Cavité optique haute puissance (HOC):

- Minicav, contrat collaboration industriel
- ThomX
- GammaFactory PoP

Optics and laser :

- plateforme Laserix
- ThomX
- Delligth

Optics and sources X / XUV :

- ThomX
- SSMB (IFEL collaboration avec Tsinghua University Chine 2021)
- OPTO2X



Moyens et plateforme

- la plateforme **laserix Univ.Paris Saclay** système Ti:Sa femtoseconde 30TW multi-ligne
 - ligne XUV /(opto2X)
 - ligne projet Delight QED / plasmacell
 - ligne photo-injecteur
 - ligne haute énergie ALP/PALLAS - THz
- machine démonstration ThomX
- salles optiques SO208 ISO7 (67m²)+ SO209 ISO7-ISO5 (55m²)

Implication dans les projets: GammaFactory

**A dupliquer pour chaque projet (inclus Master-Projets, ANR/ERC/CNES/Labex/.., Theorie, R&D)
Max 2 slides par projet!**

Responsable scientifique de labo du (Master) Projet : Aurélien Martens

Responsable technique de labo du (Master) Projet : Aurélien Martens

- **Personnes de l'équipe / du laboratoire impliquées dans le projet:**

Martens	Aurélien	IJCLAB	CR
Zomer	Fabian	IJCLAB	PR
Dupraz	Kevin	IJCLAB	MCF
Nutarelli	Daniele	IJCLAB	MCF
Peinaud	Yann	IJCLAB	AI
Chiche	Ronic	IJCLAB	IR

- **Faits marquants récents**

- **Physics Beyond Collider (CERN) redémarre, session dédiée GF au workshop annuel**
- **Contacts avec nombreux groupes ingé CERN**
- **WorkPackages et liste d'instituts contributeurs en cours d'élaboration**
- **MoU draft validé par STIRI IJCLab, addendum en cours de préparation pour les aspects monétaires et objectifs scientifiques**
- **Schéma de financement de la prevue de principe : PBC (n'a pas le budget pour supporter l'ensemble)+ ERC CERN (à soumettre)**

Implication dans les projets: PALLAS

Responsable scientifique de labo du (Master) Projet : Kevin Cassou

Responsable technique de labo du (Master) Projet : Kevin Cassou à changer

- **Personnes de l'équipe / du laboratoire impliquées dans le projet:**

- Bruno Lucas, ALEA, IJClab
- Sophie Kazamias, ALEA, IJClab
- Moana Pittman ALEA, IJClab
- Pierre Drobniak, ALEA, IJClab
- Kevin Cassou, ALEA, IJClab,
- Christelle Bruni, BIMP, IJClab
- Coline Guyot, BIMP, ICJlab
- Viacheslav Kubytsky, BIMP IJClab
- Denis Douillet, PI-Mecanique , IJClab
- Alexandre Gonnin, PI-Mecanique , IJClab
- Gregory Iaquanello, PI-Mecanique , IJClab
- Eric Legay, PI-Service Online, IJClab
- Olivier Neveu, PI-Service Online, IJClab
- Jean-louis Coacolo, PI-Service Online, IJClab

Arnaud Beck, Galop, LLR

Arnd Specka, Galop, LLR

+ support PI

+ support plateforme LASERIX

- **Faits marquants récents**

- Equipex+ Pacifics + passage CS IN2P3- KDP2
- Mise en route du banc test des cellules plasma
- Montage du prototype de la première cellule double zone
- Travaux de rénovation NEPAL complétés à 90%
- Installation du transport de faisceau laser 40TW
- Optimisation numérique contrôle de l'injection par ionisation en régime tronqué : simulations PIC paramètres scan étendus (>1000 cas < 4h)

Enseignement



**M2 Grands Instruments – Plasmas-Lasers
Accélérateurs Tokamaks**



Masters

- LASCALA : International master program in Physics - Erasmus Mundus Program
- M2 GRANDS INSTRUMENTS (PLATO)
- M1 Physique fondamentale et appliquée
- M1 Physique et Applications
- Ecole ingénieur Polytech Paris Saclay – photonique et systèmes optroniques
- Formation niveau expert pour Thales
- Médiation et vulgarisation scientifique (projets art et sciences, Diagonale Paris Saclay)



Manuels de cours et Monographies de recherche

- Physique des Plasmas, 426 pages-173 figures, ISBN 2100072501. JM Rax, Editions DUNOD, Collection Sciences SUP, 5e tirage Mars 2018.
- Mécanique Analytique, Adiabaticité, résonances, chaos, Editions DUNOD, Collection : Sciences SUP. JM Rax, 262 pages-117 figures, ISBN 978-2-10-079501-7, 1e tirage Février 2020.

Collaborations

Nationales :

- **Optique & Laser** : ex-LMA, Soleil, Institut Optique d'aquitaine LP2N
- **ALP** : LLR, LCP
- **X beamline & application** : LAMS, UPMC, Institut Néel, CR2M Université de Nancy
- **Plasma** : CNRS LAPLACE Université de Toulouse, CEA Cadarache
- **XUV beamline & application** : ISMO, LOA (Ensta Paris-Tech), Inserm, Appolon Synchrotron Soleil., CEA Iramis, CELIA (Univ. Bordeaux)

Internationales :

- **HEP HOC applications** : KEK, CERN
- **CW and Burst optical cavity R&D for compact x-ray sources** : UCLA, LNF (Frascati, INFN, Sapienza), Tsinghua University, Politecnico Milano INFN-Mi, LNF (Frascati, INFN, Sapienza)
- **Plasma physics** : Université de Princeton PPPL NJ, Lawrence Livermore National Laboratory CA
- **XUV beamline & application** : Université de Salamanque, Université de Madrid
- **THz** : DESY

Industriels :

- Amplitude Laser, Imagine Optics, ITEOX

Activités de la ligne extrême ultraviolet (XUV/THz)

détails des activités XUV/THz « moins connues »

Génération d'harmoniques d'ordre élevée

- ⇒ métrologie et contrôle actif du front d'onde (coll. Imagine optics)
- ⇒ génération de faisceaux OAM XUV (coll. CELIA)
- ⇒ génération de faisceaux XUV polarisées radialement (coll. Univ Salamanque)

Amplification d'harmonique par plasma laser X

- ⇒ Amplificateur à haute densité pour amplification d'impulsions courtes (coll. Univ. Marseilles)
- ⇒ Amplification de faisceaux OAM (coll. Université de Madrid)
- ⇒ Modélisation du régime d'oscillation de Rabi (coll. ISMO)
- ⇒ Métrologie spectro-temporelle (spectroscopie TF et corrélation croisée par photoionisation) (coll. ISMO)

Applications

- ⇒ Ligne de focalisation (coll. synchrotron Soleil)
- ⇒ Diffraction GISAX sur échantillon d'intérêt biologique (coll. CEA IRAMIS)

Autre

- ⇒ génération de rayonnement THz dans un cristal à retournement périodique de polarisation

Production scientifique, faits marquants

Cavité GHz :

- brouillon de contrat transmis par DR4 à direction amplitude et IJCLab.
- arrivée Frédéric Blanc (CFIRE) mi-juin
- Système optique validé, finesse 2000 mesurée, vide OK.
- Montage de l'ensemble des optiques en vue de l'injection du laser GHz amplitude (juillet).

Accélération laser-plasma (PALLAS) :

- Equipex+ Pacifics + passage CS IN2P3- KDP2
- Mise en route du banc test des cellules plasma
- Montage du prototype de la première cellule double zone
- Travaux de rénovation NEPAL complétés à 90%
- Installation du transport de faisceau laser 40TW
- Optimisation numérique contrôle de l'injection par ionisation en régime tronqué : simulations PIC paramètres scan étendus (>1000 cas < 4h)

XUV :

- Développement de sources extrême ultraviolet portant un moment angulaire orbital ou vecteur vortex.
- Caractérisation par senseur Hartmann, collaboration société Imagine Optic
- Installation d'un dispositif de focalisation à la limite de diffraction de type KB large spectre, collaboration Soleil.
- Calibration d'un VMI (velocityMapimaging) étude de la photoionisation de gaz rares habillés par champ infrarouge femtoseconde, collaboration ISMO

- **GFPOP** élaboration du MOU CERN-IN2P3 en cours. Projet de contrat pour démarrer la validation du système optique.:

THOMX :

- Autorisation ASN reçu
- Démarrage en cours
- Installation marbres et équipements de la ligne de lumière X
- installation de la cavité FP sur site couplage avec l'anneau, mise sous vide ; obtention autorisation ASN

- **Activités soutenues par l'IN2P3**
- **Activités pas soutenues pas l'IN2P3 depuis 2020**

Publications

Publications (2018-2021) :

1. *Towards ultimate bandwidth photon sources based on Compton backscattering: Design constraints due to nonlinear effects* by Aurelien Martens, Fabian Zomer, Manar Amer, et al, submitted at Physical Review Accelerators and Beams (February 2021).
2. L. Amoudry, Modal instability suppression in a high-average-power and high-finesse Fabry–Perot cavity, *Applied Optics* (2020), <https://doi.org/10.1364/AO.59.000116>
3. K. Dupraz et al., *The ThomX ICS source*, *Physics Open* (20 novembre 2020)
4. H. Wang et al., Linearly polarized laser beam with generalized boundary condition and non-paraxial corrections, *JOSA*, 36, 12 (2019).
5. C. Fall Ndiaye et al., Low power commissioning of an innovative laser beam circulator for inverse Compton scattering γ -ray source, *PHYS. REV. ACCEL. BEAMS* 22, 093501 (2019).
6. K. Dupraz et al., The ABCD matrices for reflection and refraction for any incident angle and surface, *Opt. Comm.*, 443, 172-176, (March 2019).
7. L. Serafini et al., MariX, an advanced MHz-class repetition rate X-ray source for linear regime time-resolved spectroscopy and photon scattering, *NIMA*, 930, 167-172 (2019).
8. P. Favier et al., Optimization of a Fabry-Perot cavity operated in burst mode for Compton scattering experiments, *PHYS. REV. ACCEL. BEAMS* 21, 121601 (2018).
9. M. W. Krasny et al., Gamma Factory Proof-of-Principle Experiment (Letter of Intent), CERN-SPSC-2019-031 ; SPSC-I-253 (September 2019).
10. L. Serafini et al., MariX, an advanced MHz-class repetition rate X-ray source for linear regime time-resolved spectroscopy and photon scattering, *NIMA*, 930, 167-172 (June 2019).
11. D. Angal-Kalinin et al., PERLE. Powerful energy recovery linac for experiments. Conceptual design report, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* 45 (May 2018).
12. Determining the rotation direction in pulsars, R. Gueroult, N.J. Fisch, Y. Shi, JM Rax, *NATURE communications*, DOI:10.1038/s41467-019-11243-4, (2019).

... next page

Publications suite

12. Geometrical phase in a Brillouin flow, JM Rax, R Gueroult, PHYSICS OF PLASMAS 26 (12), Art. No. 122111, (2019).
13. A necessary condition for perpendicular electric field, R Gueroult, JM Rax, NJ Fisch, PHYSICS OF PLASMAS 26 (12), Art. No. 122106, 2019.
14. Nonlinear Ohmic Dissipation in axisymmetric DC and RF driven rotating Plasmas, JM Rax, EJ Kolmes, IE Ochs, NJ Fisch, R Gueroult, PHYSICS OF PLASMAS 26 (1), 01230, 2019.
15. EXB configurations for high- throughput plasma mass separation, R Gueroult, SJ Zweben, NJ Fisch, JM Rax, PHYSICS OF PLASMAS 26 (4), 043511 2019, 2019.
16. Radial current and rotation profile tailoring in highly ionized linear plasma devices, EJ Kolmes, IE Ochs, M.E. Mlodik, JM Rax, R Gueroult, NJ Fisch, PHYSICS OF PLASMAS 26 (8), 082309, 2019
17. Kinetic Theory of Transport Driven Current in Centrally Fueled Plasmas, J.M. Rax, C. Ehrlacher, J. Robiche, R. Gueroult, PHYSICS OF PLASMAS 25 (7) 072503, 2018.
18. Opportunities for plasma separation techniques in rare earth element recycling, R. Gueroult, J.M. Rax, N.J. Fisch, Journal of Cleaner Production 182, 1060-1069, 2018.
19. Harnessing mass differential confinement effects in magnetized rotating plasmas to address new separation needs, R. Gueroult, J.M. Rax, S.J. Zweben, N.J. Fisch, P.P.C.F. 60- 014018, 2018.
20. A. Pandey et al., Towards subpicosecond pulses from solid target plasma based seeded soft X-ray laser, optics Express, 28 28924-28941 (2020)
21. F. Sanson et al. Highly multimodal structure of high topological charge extreme ultraviolet vortex beams, Opt. Lett. Optics Letters 45(17) 4790-4793 (2020)
22. F. Lemery , Highly scalable multicycle THz production with a homemade periodically poled macrocrystal, Communications Physics 3, 150 (2020)
23. F. Sanson et al. Hartmann wavefront sensor characterization of a high charge vortex beam in the extreme ultraviolet spectral range, Optics Letters 43(12) 2780-2783 (2018)

Soutenances Thèses et HdR

L. Amoudri PhD (mars 2021)

« **Etude de cavités Fabry-Perot de hautes finesses pour le stockage de fortes puissances moyennes.**

Application à la source compacte de rayons X ThomX »

F. Sanson PhD (mars 2021)

« **Génération et optimisation d'harmoniques d'ordres élevés portant un moment angulaire orbital pour l'injection dans un plasma de laser X-UV »**

W. Huan PhD (sept. 2020)

«**Study of an Optical Enhancement Cavity for Thomson Scattering Light Sources**»

C. Ndiaye PhD (mars 2019)

«**Implementation and Low Power Commissioning of a Laser Beam Circulator for a High Brilliance Compton Gamma Source**»

T. Williams PhD (oct. 2018)

« **Development of the diamond detector based real-time monitoring system for the ELI-NP gamma beam source**»

L. Xing PhD (déc.. 2018)

R & D of a High-Average-Power Fabry-Pérot resonator for Thomson scattering experiments

A. Martens HdR (juin 2021)

"L'utilisation de la diffusion Compton pour les sources de rayonnement et comme outil pour les accélérateurs de physique des hautes énergies"

Evolution anticipée de l'Equipe (3-5 ans)

Attente de l'IN2P3 et évolutions

Soutien des activités transverse INP/IN2P3

- Nouvelles sources électrons et sources X
- LASERIX plateforme IN2P3 avec **SOUTIEN** pour R&D nouvelles techniques accélération à fort gradient au moins équivalent à celui de l'Université Paris Saclay.
- ThomX plateforme intégrée dans une TGIR existant ou ligne CRG.
- PALLAS financement pluriannuel sûr : construction de plateforme de R&D sur AAP est une perte de ressources et une loterie inefficace.

RH : départ / arrivée à 3 ans

- départ IR expert optique et laser .
- Besoin expert simulation/théorie accélération laser-plasma

Evolutions et projets à venir :

- Applications sociétales sources compacts e- / X : ThomX, Marix, SmartLight, Stingray, etc ...
- Projet en attente : GammaFactory POP (CERN), ILC, PACIFICS-PIA3
- Participation EUPRAXIA
- Participation SSMB (Tsinghua Chine)
- Etudes des OAM avec les machines Compton (partie accélérateur et Optique)

Départ de Viktor, départ JM Rax... Donc demande poste prof IJCLab et expert laser (IR pluri compétences info. Electronique traitement du signal laser)