

LIA(*) International Research Program França-Brasil

IRP(**) - Física Subatômica: da teoria às aplicações

Coordenador Brasileiro : T. Frederico, Instituto Tecnológico de Aeronáutica
tobias@ita.br

Coordenador Francês: (até 2018) Jaume Carbonell, (IJCLab)
jaume.carbonell@ijclab.in2p3.fr

(de 2019) Ubirajara van Kolck, (IJCLab)
bira.van-kolck@ijclab.in2p3.fr

Início em Janeiro de 2018 (1+4) anos [+4]

(*) Laboratoire International Associé

(**) International Research Program



JORNADA DE ESTUDOS

FRANÇA-BRASIL

Cooperação Científica no Estado de São Paulo

10 DEZ 2021
9h às 17h
Auditório da FAPESP

Apresentação

- Visão superficial;
- Histórico;
- Acordo (signatários, programa científico, equipes);
- Financiamentos;
- Lançamento: “**1st Meeting of LIA -Subatomic Physics: from theory to applications**”
- Resultados;
- Pós-Pandemia;

Il n'est possible d'obtenir cette image qu'en cliquant sur le bouton

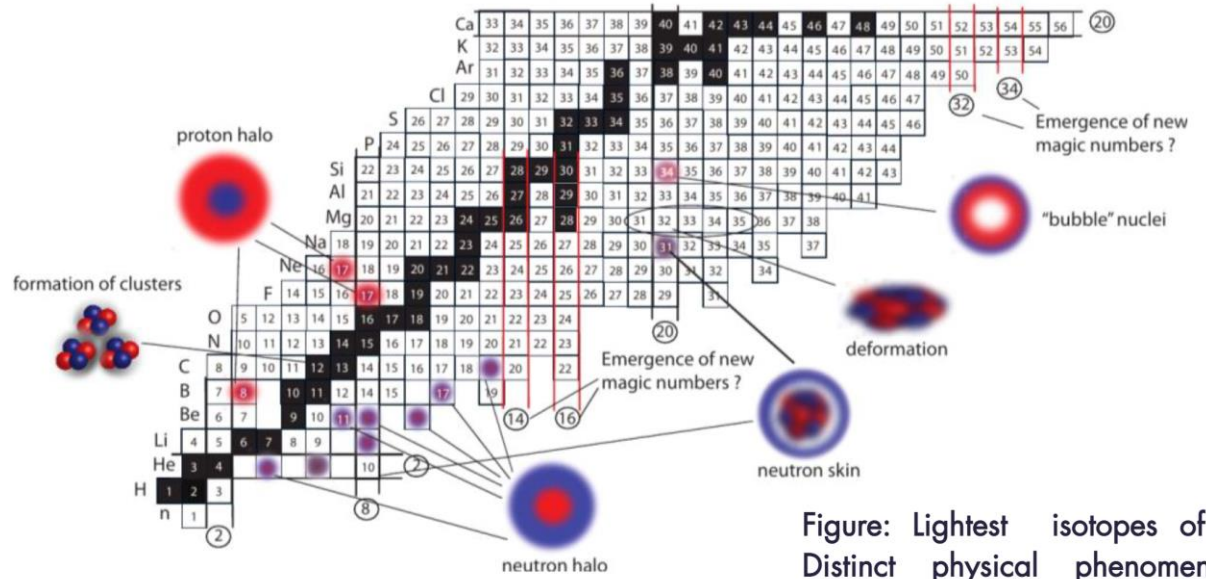
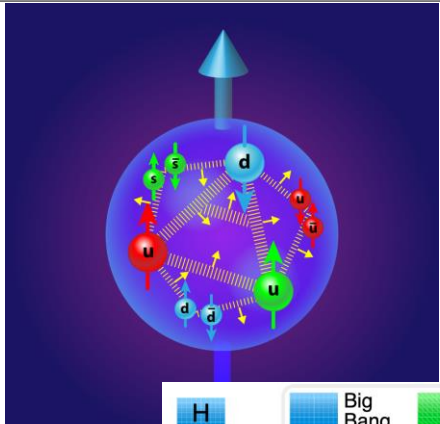


Figure: Lightest isotopes of the r... Distinct physical phenomena are... for particular isotopes.

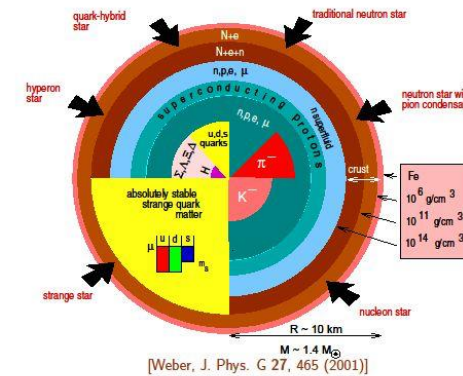
IRP-SUBATOMIC



H	He	Big Bang fusion	Dying low-mass stars	Exploding massive stars	Human synthesis No stable isotopes
1	2				
Li	Be				
3	4				
Na	Mg	Cosmic ray fission	Merging neutron stars	Exploding white dwarfs	
11	12				
K	Ca				
19	20				
Rb	Sr				
37	38				
Cs	Ba				
55	56				
Fr	Ra				
87	88				
La	Ce				
57	58				
Ac	Th				
89	90				
B	C	N	O	F	Ne
5	6	7	8	9	10
Al	Si	P	S	Cl	Ar
13	14	15	16	17	18
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
31	32	33	34	35	36
In	Sn	Sb	Te	I	Xe
49	50	51	52	53	54
Hg	Tl	Pb	Bi	Po	Rn
80	81	82	83	84	86
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm
57	58	59	60	61	62
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu
89	90	91	92	93	94
Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm
95	96	97	98	99	100
Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
66	67	68	69	70	71
Es	Fm	Md	No	Lr	
99	100	101	102	103	

Étoiles à neutrons et étoiles de quarks = étoiles denses

Effondrement gravitationnel du cœur de fer lors de la supernova ⇒ petite taille de l'objet résidu



Étoile à neutrons :
 $R \sim 10 \text{ km}$
 $M \sim 1.4 M_\odot$
 $\rho_c \sim 2 - 10 \rho_{\text{nuc}}$
 $(\rho_{\text{nuc}} := 2 \times 10^{17} \text{ kg m}^{-3})$
 ⇒ intérieur régi par l'interaction forte (QCD)

Histórico

O IRP-Subatomic segue uma série de colaborações entre o Institut de Physique Nucleaire (IJClab), Université Paris-Sud, IN2P3-CNRS, Orsay, GANIL e Univ Caen, com ITA, IFUSP e UFSC

Colaborações prévias:

- ***Teoria relativística e não-relativística de poucos corpos em física nuclear:*** Ubirajara van Kolck e Jaume Carbonell (IPNO), Tobias Frederico (ITA) e Renato Higa (USP);
- ***Reações nucleares de interesse astrofísico com núcleos leves com estrutura de aglomerados:*** Fairouz Hammache (IPNO) e François de Oliveira (GANIL), Valdir Guimarães (USP) experimentos no Laboratório do Tandem/ALTO no IPNO com feixes de íons estáveis e no laboratório GANIL(Caen) de feixes de íons radioativos, como no Laboratório RIBRAS (Radioactive Ion Beams USP);
- ***Física nuclear e de hádrons:*** Francesca Gulminelli (CNRS/Caen) e Débora Peres Menezes (UFSC);
- ***Evento “Weakly Bound Exotic Nuclei”***, 24 a 29 de maio de 2015, International Institute of Physics em Natal, do qual Renato Higa e Ubirajara van Kolck estavam entre os organizadores;
- ***Financiamentos: FAPESP/CNRS, PICS, CAPES/COFECUB... (detalhar)***

ACORDO DE PESQUISA PARA CRIAÇÃO DO LABORATÓRIO INTERNACIONAL ASSOCIADO (LIA)

« Física subatômica: da teoria para as aplicações »

« SUBATOMIC »

Dezembro de 2018

Lado Brasileiro Signatários:

- **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA (ITA)**
Reitor Anderson Ribeiro Correia (Reitor)
- **INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES,
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN)**
Superintendente do IPEN Wilson Aparecido Parejo Calvo
- **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)**
Reitor Vahan Agopyan, por delegação Sylvio Canuto (Pró-Reitor de Pesquisa)

Lado Francês Signatários:

- **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)**
Presidente-Diretor Geral Antoine Petit, atuando em nome próprio e por conta dos:
- *Grand accélérateur national d'ions lourds (GANIL) UPR3266,*
dirigido por Navin Alahari
- *Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (IPNO) UMR8608, (CNRS-UNIV PARIS-SUD),*
dirigido por Michel Guidal
- *Laboratoire de l'accélérateur linéaire (LAL), UMR8607 (CNRS-UNIV PARIS-SUD)*
dirigido por Achille Stocchi
- *Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière (CSNSM) UMR8609 (CNRS-UNIV
PARIS-SUD),* dirigido pelo Jean-Antoine Scarpaci
- **UNIVERSITÉ DE STRASBOURG (UNISTRA),** Presidente Michel Deneken

PROGRAMA CIENTÍFICO

FÍSICA TEÓRICA

- Relação entre os formalismos Euclidianos e Minkowskianos das teorias relativísticas;
- Modelos relativísticos de hádrons;
- Estudo dos núcleos fracamente ligados (halos) com teorias efetivas e propriedades universais;
- Estudo da equação de estado da matéria nuclear para supernovas e estrelas de nêutrons;
- Modelos simplificados de supersimetria e fenomenologia além do Modelo Padrão;

FÍSICA NUCLEAR EXPERIMENTAL

- Projeto de vários experimentos com os aceleradores GANIL e ALTO (na França) e RIBRAS (no Brasil) como também um grupo de Quark-Gluon Plasma (QGP) do ALICE (A Large Ion Collider Experiment) CERN;
- Medidas experimentais das seções de choque de reações de interesse astrofísico, por exemplo $^{22}\text{Na}(p,\gamma)^{23}\text{Mg}$ e $^{23}\text{Ne}(p,\gamma)^{24}\text{Na}$ no ALTO ou ainda reações importantes à nucleosíntese primordial do ciclo CNO, como $^{10}\text{Be}(p,\alpha)^7\text{Li}$ no RIBRAS;
- Estudo experimental por bombardeamento de íons pesados da evolução físico-química do gelo planetário submetido à radiação cósmica (no GANIL);
- Caracterização do plasma de quark e glúons (QGP) junto das experiências da colaboração ALICE ao Large Hadron Collider (LHC) do CERN;

PROGRAMA CIENTÍFICO

APLICAÇÕES DA FÍSICA NUCLEAR

- Interação laser-elétron para construir um mini-synchrotron a raios X com aplicações médicas em radioterapia. Projeto ThomX do LAL em colaboração com o CBPF no Rio de Janeiro;
- Produção dos isótopos radioativos de uso em radioterapia nos laboratórios da CNEN;
- Armazenamento de resíduos radioativos (migração de resíduos de nuclídeos, etc.);
- Radiodosimetria e aplicações médicas;
- Neutrinos de reatores;
- Tório em combustível sólido e reatores a água;
- Controle de radioatividade no ambiente;

TREINAMENTO EM PESQUISA

- O LIA-Subatomic servir como mecanismo de acolhimento e iniciação à pesquisa em laboratórios franceses (« research student training ») de estudantes ITA – **École Polytechnique (Palaiseau)** [ITA tem um acordo com a EP);

Relevância e benefícios sociais: formação e treinamento internacional de jovens pesquisadores no IJCLab (IPNO), e nas instituições francesas associadas em física nuclear teórica e experimental. Fortalecimento da internacionalização das instituições brasileiras, através do intercâmbio de estudantes, jovens pesquisadores e docentes.

Relevância Científica: expandir a fronteira do conhecimento sobre sistemas de poucos corpos relativísticos nucleares e hadrônicos no espaço de Minkowski, equações de estado nucleares, e a relação com a interação forte fundamental (cromodinâmica quântica). Expandir a fronteira do conhecimento, teórico e experimental, da estrutura nuclear não relativística e das colisões de núcleos contendo halo de poucos núcleons ou aglomerados, utilizando a teoria de campos efetiva, e através da realização de experimentos que visam obter informações espectroscópicas e seções de choque de captura de núcleos leves de interesse astrofísico e equações de estado nuclear para aplicação na descrição de estrelas compactas.

Equipe Francesa

IPNO (IJCLab)

Jaume Carbonell, U. Van Kolck, Fairouz Hammache, Nicolas de Sereville,, Iulian Stefan

CSNSM Alain Coc

GANIL

Alahari Navin,, François de Oliveira, Philippe Boduch/CIMAP,, Hermann Rothard/CIMAP,
Anthea Fantina,, Beyhan Bastin

LAL Orsay

Fabian Zomer, Achille Stocchi, Aurelien Martens, Kevin Cassou, , Kevin Dupraz, Hugues
Monard, Marie Jacquet, Danielle Naturelli

IPHC (Strasbourg)

Rimantas Lazauskas, Sandrine Courtin, Ziad El Bitar, Frederic Nowacki, Yves Schultz,, Iouri
Belikov, Arthur Gal, Boris Hippolyte, Christian Kuhn, Antonin Maire, Fouad Rami, Valérian
Girard Alcindor (Doutorando)

Outros pesquisadores que se interessaram pelo projeto:

Institut de Physique Nucléaire de Lyon (IPN Lyon) UMR 5822

Jerôme Margueron

Laboratoire de physique subatomique et de Cosmologie (LPSC Grenoble) UMR 5821

Sabine Kraml, Jeremie Quevillon, Humberto Reyes Gonzalez (doutorando)

Laboratoire de physique corpusculaire de Caen (LPC Caen) UMR 6534

Francesca Gulminelli

Centre de recherche sur les Ions, les matériaux et la photonique

(CIMAP ENSICAEN) UMR 6252

Philippe Boduch /GANIL, Hermann Rothard /GANIL

Centre d'études Nucléaires de Bordeaux Gradignan (CENBG) UMR 5797

Sébastien Incerti

Equipe Brasileira

ITA

Tobias Frederico, Brett V. Carlson, , Manuel Malheiro, Wayne Wayne de Paula, Odilon Lourenço, Mariana Dutra, Jorge de Alvarenga Nogueira* (dout/FAPESP), George Yabuzaki (dout), Emanuel Ydrefors** (PD/FAPESP), Rafael A. Couceiro Correa (PD/FAPESP)

IPEN/CNEN

Frederico Genezini, Maurizio Morales, Wilson Calvo, Nilson Vieira, Edson G. Moreira

IFUSP

Renato Higa, Mahir Hussein (falecido), Enrico Bertuzzo, Valdir Guimarães, Edilson Crema, Rubens Lichtenthaler Filho, Alinka Lépine-Szily, Kelly C. C. Pires, Nilberto H. Medina, José Roberto B de Oliveira, Alberto Martinez-Torres, Airton Deppman, Marco Bregnant, Tiago Fiorini, Marcelo Munhoz, Alexandre Suáide

* periodo (~2 meses) em SACLAY com Hervè Moutarde

** BEPE no IPNO com Jaume Carbonell

Outros pesquisadores que se interessaram pelo projeto:

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho /Instituto de Física Teórica (IFT/UNESP)

Marcelo Yamashita, Gastão Krein, Lauro Tomio, Sylvain Fichet & Mahdi A. Shalchi (PD),
Caroline Silva Rocha Costa & Enzo Leon Solis Gonzales & John Hadder Sandoval Quesada (doutorandos)
& Derick dos Santos Rosa (atualmente PD/FAPESP/ITA)

Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) Marlete Assunção, Kanchan Khemchandani

Universidade Federal Fluminense (UFF) Jesus Lubian, Roberto Linares, Djalma Mendes Jr

Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro (UFRRJ) Viviane Morcelle

Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) Luiz Felipe Canto

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Debora Menezes

Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) Sergio Pilling

Universidade Federal do ABC (UFABC) Centro de Ciências Naturais e Humanas

Andre Paniago Lessa, Chee Sheng Fong, Mauro Cosentino

Universidade de Campinas (UNICAMP)

Varese S. Timoteo, Silvio A. Vitiello, Jun Takahashi, David Chinellato Dobrigkeit

Universidade Cruzeiro do Sul (UCS) J. Pacheco de Melo, Kazuo Tsushima, Bruno El-Bennich

CBPF Rio de Janeiro. Geraldo Cernicchiaro

Universidade Federal de Goiás (UFG). Fabio Braghin

Financiamentos

- **FAPESP/CNRS:** “Métodos para resolução de equações relativísticas no espaço Minkowski com aplicações em física hadrônica, nuclear e matéria condensada”, 2013-2014 (proc.13/50027-2), Ubirajara van Kolck e Jaume Carbonell (IJClab), Tobias Frederico (ITA), Brett Carlson (ITA), Renato Higa (USP),
- **CAPES/COFECUB:** “Física nuclear e de hádrons: modelos e aplicações”, 2015-2018 (proc. 853/15), Francesca Gulminelli (CNRS et Univ de Caen Basse Normandie), Débora Peres Menezes (UFSC), Brett Carlson (ITA), Manuel Malheiro (ITA).
- **FAPESP (Bolsa no exterior):** “Investigação espectroscópica de núcleos de interesse para astrofísica nuclear” (proc. 14/14432-2) 12/2014-12/2015, Valdir Guimarães (USP), anfitriã: Fairouz Hammache (IPNO)
- **PICS/CNRS** (“Projet international de coopération scientifique”): “Systèmes soumis à des interactions fortes - Universalité et effets relativistes dans les systèmes soumis à des interactions fortes” em 2015-2016-2017 para apoiar de J. Carbonell e U. van Kolck, ao Brasil.
- **Visitante FAPESP (ITA):** “Teoria relativística de poucos corpos a suas aplicações em hádrons e no núcleo” (proc: 15/22701-6), Vladimir Karmanov (Russian Academy of Sciences, RAS) 03/2016 – 12/2016.
- **FAPESP/CNRS:** “Experimental study of nuclear reactions of astrophysical interest” 10/2016-10/2018 (proc.16/50315-6) Valdir Guimarães (USP), Fairouz Hammache (IJClab) e François de Oliveira Santos (GANIL) experimentos nos laboratórios no IPNO, GANIL e no IFUSP para realizar experiências conjuntas.
- **PD FAPESP/BEPE:** “Problemas relativísticos de poucos corpos e reações com antiprotons” (proc. 18/21758-2), Emanuel Ydrefors (ITA), Supervisor: Jaume Carbonell, responsável: T. Frederico

Financiamentos

- **Temático FAPESP:** “Estudos teóricos da estrutura e reações de núcleos exóticos e sistemas de muitos corpos” (proc. 17/05660-0) 09/2017 – 07/2022 Brett Vern Carlson, Tobias Frederico (ITA), Lauro Tomio (IFT/UNESP)
- **Projeto CAPES/COFECUB 88887.370819/2019-00.** Jan 2020-Dez 2023

Física Nuclear de Poucos e Muitos Corpos e Aglomerados: da Teoria ao Experimento

Coordenador Brasileiro: Tobias Frederico; Coordenador Francês: Ubirajara van Kolck (IJCLab Orsay)

Cooperação científica, formação de estudantes, pós-doutores, aperfeiçoamento de professores e visitas de pesquisadores franceses ao Brasil. Temas:

- (I) *Física de Poucos Corpos Relativística no espaço de Minkowski:* J. Carbonell (IJCLabb), T. Frederico, W. de Paula (ITA) (PD IJCLab 2023), J. P. B. C. de Melo (Cruzeiro do Sul);
- (II) *Universalidade na física de poucos-corpos não-relativística com teorias efetivas:* U. van Kolck, J. Carbonell, R. Lazauskas (IHPC, Univ Strasbourg), R. Higa (USP), and T. Frederico;
- (III) *Reações com núcleos exóticos ou fracamente ligados e aglomerados:* F. Hammache & N. de Séréville; (CNRS/IN2P3, IJCLab), F. de Oliveira Santos (GANIL), V. Guimarães (USP), and M. Assunção (UNIFESP), Alessandro de Lara (IFUSP) (Dout Sanduiche no IJCLab 2022);
- (IV) *Equação de estado nuclear e aplicação em estrelas compactas:* J. Margueron (IP2I, Lyon), B. V. Carlson, M. Dutra, O. Lourenço, C. Lenzi (ITA). (PD em Lyon 2023)

1st Meeting of LIA - Subatomic Physics: from theory to applications

<https://www.cnrsrio.org/pt/seminaire-de-lancement-du-lia-physique-subatomique/>

O lançamento oficial do LIA-SUBATOMIC foi feito no workshop “1st Meeting of LIA - Subatomic Physics: from theory to applications” que ocorreu de **12 à 13 Junho 2018 no Instituto Tecnológico de Aeronáutica** (<https://indico.in2p3.fr/event/17616/>).

55 participantes: 13 do exterior (11 da França, IPNO, LAL-ORSAY, LPHC-Strasbourg, GANIL, CEA,LPSC), ITA, IFUSP, UNICAMP, UNIFESP, UNICSUL,UFG, IFT-UNESP e UFF. Recursos do LIA-SUBATOMIC para os participantes da França.

Terça 12/06/2018 10:00-18:30 (20 min)

Prof. Anderson Ribeiro Correa (Reitor ITA) Welcome

Prof. Olivier Fudym (CNRS/Brasil) Brasil-France collaborations

Jaume Carbonell (IPNO) LIA History and Aims

Roberto Gil Annes da Silva (ITA) Program for Graduate studies in ITA and Internationalization

Leandro Gasques (USP) Research Experimental Nuclear Physics and applications at USP- Pelletron Lab

Beyhan BASTIN (GANIL) Experimental scientific program and opportunities at GANIL-SPIRAL2

Fairouz Hammache (IPNO) Nuclear astrophysics projects at ALTO

Valdir Guimarães (USP). Brazilian involvement at ALTO and GANIL

Nicolas de Séréville (IPNO) Nucleosynthesis studies with the Split-Pole spectrometer at ALTO

Beyhan BASTIN (GANIL) Nuclear astrophysics studies at GANIL-SPIRAL2

Frederico Genezini (IPEN/CNEN) Research and NP applications at IPEN

Kevin Dupraz (LAL) ThomX project and X ray machine ELINP

Jean-Christophe David (CEA/IRFU) Spallation reactions: from modeling to applications. What can be done?

Maurício T. Pazianotto (ITA) Cosmic Radiation Transport for Aerospace Applications

Odilon Lourenço (ITA). Description of nuclear matter from hadronic mean-field models: some approaches and results.

Fabio Braghin (UFG) Vector mesons effective couplings to constituent quarks: a dynamical approach from QCD.

Discussion : Opportunities in Expt NP, Applications and Theory

Cocktail offered by CNRS (O. Fudym)

Quarta 13/06/2018 10:00-18:30 (20 min)

Tereza Mendes (UFSCa). Possible LQCD projects in Brasil.

Sylvain Fichet (IFT/UNESP) Double holography in a slice of AdS.

Marlete Assunção (UNIFESP) Proposal of E-107b exp.: Charge Symmetry in reactions with Exotic Nuclei.

Marek Ploszajczak (GANIL). Continuum shell model for nuclear structure and reactions\

Jesus Lubian (UFF) Short-range (pairing) versus long-range (collective) correlations in $2n$ transfer reactions induced by ^{18}O .

Renato Higa (USP) Halo Nuclei in EFT.

Rimantas Lazauskas (IPHC-Strasbourg) Rigorous solution of few particle scattering problem and its applications.

Lauro Tomio (IFT/UNESP) Atom-dimer scattering properties near the unitary limit.

Silvio Vitiello (UNICAMP) Clusters and matter made from unitary Bosons

Varese Timóteo (UNICAMP) Effective models for hadronic systems

João Pacheco B. C. de Melo (UNICSUL) Hadrons at UNICSUL - LFTC

Kanchan Kemchamdian (UNIFESP) Hadron interactions studied with effective field theories

Wayne de Paula (ITA) Fermionic bound states in Minkowski-space

Gastão Krein (IFT/UNESP) Origin of the most visible mass in the universe

Discussion : Future Projects within LIA

Conclusions Ubirajara van Kolck (IPNO)

Participantes da França:

Jaume Carbonell & Ubirajara Van Kolck (DR IPNO Orsay)

Rimantas Lazauskas (CR IPHC Strasbourg)

Marek Ploszajczak (DR GANIL Caen)

Fairouz Hammache (DR IPNO Orsay)

Nicolas de Sereville (CR IPNO Orsay)

Beyhan Bastin CR (GANIL Caen)

Fabian Zomer (CR LAL Orsay)

Kevin Dupraz (Prof LAL Orsay)

J.Ch. David (DR DPhN CEA Saclay / not founded by LIA)

Olivier Fudyn & Alexandre Luc Vila (CNRS Rio)

Navin Alahari prepared a seminar given by B. Bastin on his behalf

Outros participantes do Brasil:

Instituto de Física da USP: Airton Deppman, Alberto Martinez Torres, Alinka Lépine, José Roberto Brandão de Oliveira,
Luiz Chamon, Nemitala Added

Universidade Cruzeiro do Sul: Bruno El-Bennich, Gilberto Ramalho

Instituto de Física da UFF: Djalma Mendes Jr. , Roberto Linares(IF-UFF)

ITA: César Lenzi, Dyana Duarte (PD/FAPESP), Emanuel Arthur Ydrefors I (PD/FAPESP), Manuel Malheiro,
Marcelo Garcia (PD/CAPES), Mariana Dutra, Pedro Moraes, Pedro Pompéia (PD/FAPESP)

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN: Mauricio Moralles

Universidade de Coimbra: Orlando Oliveira (Visitantes/FAPESP)

Iowa State University: Pieter Maris (Visitantes/FAPESP)

INTERCÂMBIO em 2018: do Brasil para França

Marlete Assunção (UNIFESP): CNSNM, IPNO, GANIL 1 semana nos experimentos

Valdir Guimarães (USP): IPNO programa experimental com **F. Hammache** e invited talk na FB23 Conference, CAEN

David Dobrigkeit (UNICAMP) visited IPHC Strasbourg one week (december)

Debora Menezes (UFSC) in LPC Caen from 17/6 to 1/7

Ubiratan J. Furtado (UFSC/PhD) visited LPC from 1/4/2018 to 31/3/2019

Marcos K. Yamasaki (UFSC/PhD) “sandwiche” LPC Caen from 1/4/2018 with **F. Gulminelli**

T. Frederico (ITA). Visit to IPN/Orsay from June 25 to 30 and presentation of the seminar “Exploring the few-body bound state structure in Minkowski and Euclidean spaces”, to the “Groupe de Physique Théorique de l'IPN” on June 26. Collaboration with **Jaume Carbonell** on the relativistic two-body scattering problem studied with the Bethe- Salpeter equation using the Nakanishi integral representation, ongoing work. Visit to CAEN from 9-13 july to attend the FB23 Conference where he gave a talk

Brett V. Carlson (ITA). visit to the Institut de Physique Nucléaire de Lyon from Dec. 09 to 22, 2019, where he presented a seminar on Dec. 18 entitled "Limits to the existence of a hot compound nucleus" and collaborated with **Dr. Jérôme Margueron** on a covariant relativistic meson-exchange model of the nucleon- nucleon interaction. A manuscript is being prepared on the topic and it is entitled "Meson-exchange model for the nucleon-nucleon interaction with covariant treatment of the interaction vertex".

INTERCÂMBIO em 2018: da França para o Brasil

J. Carbonell (IJCLab): from 9 to 27 march 2018 - first ten days visiting **ITA** to collaborate with **T. Frederico** - Last week giving a lecture in the XIV Hadron Physics was held in Florianópolis <https://indico.cern.ch/event/388766/>

U. Van Kolck (IJCLab):

1) From April 27- May 20: São Paulo, collaborate with **Renato Higa (USP)** on neutron-deuteron scattering; colloquium on "The Discrete Charm of Scale Invariance in Nuclear and Atomic Physics" at **UNICAMP** on May 3 2018; seminar "Discrete Scale Invariance in Nuclear and Atomic Systems" at USP on May 8.

2) From June 10 to 17 coming to:

ITA, June 11-13: participate in the 1st Meeting of the LIA Subatomic Physics: From Theory to Applications at ITA on June 12,13; "Meeting Summary" at the same workshop on June 13.

USP, June 14-17: collaborate with **Renato Higa** on neutron-deuteron scattering; colloquium on "The Discrete Charm of Scale Invariance in Nuclear and Atomic Physics" at USP, June 14.

S. Kraml (LPSC Grenoble): Visited **UFABC** Santo André & SAIFR/IFT São Paulo from 26 nov to 7 dec. 2018 (trip not included). Talk on "LHC constraints in Dirac gaugino models" on 6 decembre at SAIFR/IFT.

D. Chatterjee (LPC Caen): visited **UFSC** from 15/3 to 30/3, collaboration with **Debora Menezes**

F. Gulminelli (LPC Caen): visited **UFSC** from 17/5 to 28/5, collaboration with **Debora Menezes**

SEMINÁRIOS E MINI-CURSO (além do "Kickoff")

B. Bastin (GANIL) "Nuclear astrophysics studies at GANIL-SPIRAL2", USP June 14

J. Carbonell "Nuclear Physics and Lattice QCD", USP June 21; "Nuclear Physics and its relation with Lattice QCD" (5h Lecture), UFSCa, march 18

Atividades de pesquisa 2018

LAL (K. Dupraz) - CBPF Rio

Colaboração com a equipe de **Geraldo Cernicchiaro (CBPF)**. Testes de um detector de nova geração na instalação no CLIO (Centre Laser Infrarouge d'Orsay). O detector desenvolvido por **Cernicchiaro** é baseado na interação laser-matéria (Thermo Acoustics) e a medição da energia da radiação óptica. Planejamento dos testes do detector no OPO e depois no CLIO FEL (Free Electron Laser). Possibilidade de colaboração com **Mauricio Pazzianatto do ITA** para estudar o ThomX. (The compact x-ray source) A equipe LAL é composta por: K. Dupraz (coorenação), K. Cassou, A. Martens, D. Nutarelli, F. Zomer

(Radiação síncrotron pode ser significativamente aumentada por emissão estimulada criada por um Free Electron Laser (FEL). Existem mais de uma dúzia de FEL em operação no mundo. Ao contrário das fontes de luz de radiação síncrotron com base em um anel de armazenamento, o FEL normalmente usa apenas um linac para acelerar os elétrons. Dependendo do comprimento de onda a ser alcançado, o comprimento deste linac pode ser de algumas dezenas de metros (para infravermelho) a vários quilômetros (para raios-X duros). Em Orsay existe um FEL denominado CLIO (Centro Laser Infrarouge d'Orsay). Foi construído em conjunto pelo LAL e outro pelo LURE (Laboratório para o Uso da Radiação Eletromagnética).)

GANIL- Instituto de Física USP (François de Oliveira)

Estudo do **^{15}F , que não é ligado e está localizado 2 nêutrons antes da linha de estabilidade de prótons**. O estado fundamental desse núcleo tem 800 keV de largura. Neste núcleo observamos pela primeira vez um estado excitado estreito, localizado a uma energia de emissão de prótons de 4,7 MeV e 36 keV de largura. Essa pequena largura é notável; na verdade, esse estado de excitação está localizado muito acima da barreira Coulombiana. Foi realizado o experimento no GANIL com a participação de **M. Assunção (UNIFESP) e V. Guimarães (USP)**. Estudamos esse núcleo medindo o espalhamento elástico ressonante de um feixe de íons radioativos ^{15}O em um alvo composto de hidrogênio. A análise da função de excitação permite extrair as propriedades dos estados excitados deste núcleo. Também observamos o decaimento de 2 prótons a partir desses estados, e até mesmo uma transição gama entre este estado excitado e o estado fundamental não ligado de ^{15}F . O experimento não funcionou por falta de feixe. A experiência foi reprogramada para 2019.

Atividades de pesquisa 2018

B. Bastin (GANIL)

- Participação no kick-off meeting em São José dos Campos (2 apresentações): apresentação das atividades do GANIL (substituto do diretor) e apresentação das atividades de astrofísica nuclear do GANIL inclui minha pesquisa pessoal.
- Seminário na Universidade de São Paulo em 14 de junho de 2018 sobre "Estudo dos processos de queima de H explosivo: medições diretas e indiretas com vigas SPIRAL 1 e 2" e visita às instalações.
- GANIL forneceu um alvo de magnésio natural para teste em programas experimentais de colegas da USP.

Z. Bitar (IPHC Strasbourg) - Campinas

Colaboração com **Mario Bernal** (UNICAMP). O LIA financiou a missão no final de novembro no Brasil (1800 €).. Durante a visita em Campinas, o **Prof. Jean Rinkel** mostrou interesse na utilização de sensores CMOS projetados e fabricados no laboratório do **IPHC Strasbourg** para fazer tomografia de transmissão com raios X, abrindo a possibilidade de colaboração em instrumentação.

Y. Schutz (IPHC Strasbourg)- UFABC, UNICAMP, USP

A proposta de colaboração entre grupos brasileiros (UFABC, UNICAMP, USP) e IPHC no âmbito do LIA faz parte de um programa geral dedicado à **caracterização do Plasma Quark Gluon (QGP) com o experimento ALICE no Large Hadron Collider (LHC)**. Os esforços conjuntos e estudos propostos abordam a física fundamental investigando a física da interação forte para a matéria nuclear sob condições extremas de temperatura e densidade de energia, semelhantes às que prevaleciam durante os primeiros microssegundos do Universo.

Os objetivos principais são duplos: i) obter medições de precisão do QGP, explorando os dados registrados durante o final da campanha de coleta de dados Run 2 no LHC, incluindo colisões próton-próton na energia superior do LHC e uma grande amostra de colisões chumbo-chumbo ocorridas no final de 2018; ii) do lado instrumental, aumentar a sinergia entre as equipes brasileira e francesa ao atualizar vários detectores do experimento durante o longo período de paralisação do LHC de 2019-20. Em ambos os casos, os esforços previstos visam a compreensão da produção de sabor e a dinâmica do QGP usando hádrons estranhos e charmosos, bem como correlações com jatos.

Atividades de pesquisa 2018

SUSY LPSC Grenoble- UFABC (S. Kraml)

Colaboração com **Andre Lessa da UFABC** Santo Andre em teorias supersimétricas. Durante 2019, Andre Lessa virá em junho para LPSC Grenoble, para desenvolver nosso projeto de pesquisa em colaboração com o grupo S. Kraml.

Futura visita do doutorando **Humberto Reyes-Gonzalez** de 2 a 3 semanas na **UFABC**. Apoio do LIA para a futura visita.

LPC Caen (F. Gulminelli- Débora Menezes UFSC)

- Estágio do doutorando **Marcos Kendi Yamasaki** na LPC Caen de 13/03/2018 a 21/02/2019, continuidade do trabalho de **Guilherme Grams** na distribuição nuclear à temperatura finita, para otimização da simulação do colapso de supernovas. Apresentação de um pôster na escola Joliot-Curie realizada em outubro de 2018.

- Estágio de pós-doutorado em **Ubiratan José Furtado, em 15/03/2018 e retorno previsto para 01/03/2019**. Ubiratan esteve envolvido no estudo de obtenção de propriedades para núcleos atômicos e núcleos que se espera existirem em estrelas massivas, usando o formalismo (metamodelo) proposto por Jérôme Margueron, Rudney H. Casali e Francesca Gulminelli em 2017, que podem reproduzir uma grande variedade de modelos e interpolar continuamente entre eles. Foi desenvolvido um programa numérico que foi validado por comparação com cálculos utilizando modelos originais, ou seja, tanto o formalismo já citado quanto o programa numérico fornecem os resultados esperados. A vantagem do programa desenvolvido é que ele pode ser utilizado para diversos modelos de interação nuclear. Os resultados estão sendo obtidos para uma publicação.

-Visita do **Dra. Debarati Chatterjee** a UFSC, de 17/03 a 04/01/2018. Durante esta visita, continuamos o cálculo da transição de fase líquido-gás em material nuclear sujeito a campos magnéticos fortes com um modelo proposto Jerome Margueron e Francesca Gulminelli. Os cálculos analíticos já estavam prontos e dados retirados para a construção de sessões spineless com campos magnéticos fortes e fracos.

- Visita da **Profa. Francesca Gulminelli** para a UFSC, de 16 a 28 de maio de 2018. Projeto envolvendo os **doutorandos Guilherme Grams e Kendi Yamasaki, pós-doc Ubiratan, e Dra. Debarati** (descrito acima). O trabalho iniciado pelo **Prof. Celso Barros** em 2017 foi rediscutido e parte dos códigos numéricos foi elaborada.

- Visita de **Débora Peres Menezes** para a LPC, Caen, de 18/06 a 30/06/2018. Projeto do **doutorando Kendi Yamasaki e pelo pós-doutorando Ubiratã Furtado em parceria com a Profa. Francesca**. O primeiro trabalho trata de uma continuação do que já vinha sendo feito pelo **doutorando Guilherme Grams durante sua estada em Caen** e o segundo trata de uma aplicação de um modelo recente do grupo francês no estudo da fase de pasta. Trabalhou na parte analítica com Kendi, interagiu fortemente com o pesquisador de pós-doutorado Debarati Chaterjee, que trata da aplicação de campos magnéticos fortes no estudo de espinodais presentes na região de transição núcleo-crosta de estrelas de nêutrons. revisou alguns resultados obtidos por **Celso Barros**, e aprimorando o código numérico.

Atividades de pesquisa 2018

Renato Higa (USP)

Collaborative work. "Fate of the neutron-deuteron virtual state as an Efimov level", G. Rupak, A. Vaghani, **R. Higa, U. van Kolck**, Phys. Lett. B (2019).

Nilberto Medina (USP)

Visita ao **GANIL** para realizar um experimento com a reação $36\text{S} + 40\text{Ca}$, utilizando o espectrômetro AGATA (<https://www.agata.org/>), para o estudo da simetria isospin dos núcleos espelho 71Br e 71Kr . Esta experiência faz parte de uma colaboração com pesquisadores franceses e italianos. **Recursos parciais do projeto europeu ENSAR-2**. Pesquisadores franceses envolvidos com **AGATA: Emmanuel Clement, David Verney, F. Ibrahim e G. de France**. Estudo dos efeitos da radiação em dispositivos eletrônicos, colaboração com pesquisadores de Montpellier, na França. Pesquisa experimental sobre a estrutura nuclear por meio de espectroscopia gama, onde um doutorando está reduzindo os dados da reação GANIL para tentar medir a meia-vida de estados excitados usando uma técnica conhecida como DSAM (Doppler Shift Attenuation Method). Dois outros estudantes de mestrado estão envolvidos no estudo dos efeitos dos íons pesados em componentes eletrônicos.

Mario Bernal (UNICAMP)

Visita do **Dr. Ziad El Bittar (CNRS Strasbourg)** de 28/11 a 30/11/2018. Ele fez uma palestra sobre suas atividades de pesquisa ao grupo. Várias formas de colaboração foram discutidas, incluindo questões como interações **elétron-alvos biológicos e o uso da dinâmica molecular da mecânica quântica para estudar colisões de partículas-DNA**, iniciando a colaboração nesses problemas.

Valdir Guimarães (USP)

Participação na FB22, e visita ao IPN-Orsay de 4 a 14 de março para discutir a análise de dados do projeto **SPRINT-CNRS**, participação em um **experimento no GANIL** para investigar a estrutura do 15F durante o mês de maio, participação no primeiro workshop LIA.

Marlete Assunção (UNIFESP)

De 27/05 a 06/06/2018, participação no experimento E744 intitulado "Above-Barrier Narrow Resonances in 15F ". Esta experiência utilizou o Grand Accélérateur National d'Ions Lourds "- GANIL, Caen-França. Diárias e passagens foram financiados pela colaboração LIA.

Jesus Lubian Rios (UFF)

Iniciou colaboração com **Etienne Dupont (CSNSM-Université Paris Saclay)**, em cálculos de transferência alfa para estudar dados que deveriam ser obtidos no RIKEN por pesquisadores franceses.

INTERCÂMBIO em 2019: do Brasil para França

Alessandro de Lara (Graduate student, USP): Visited IPNO, 04-09 March 2019; start of a project en co-tutelle with **Fairouz Hammache and Valdir Guimarães**.

E. Ydrefors (PD/FAPESP, ITA): One year PD (BEPE/FAPESP) at IPNO, May 2019-April 2020; supervision by **Jaume Carbonell** on the physics of antiprotons and participation in the Workshop on Antiproton-Nucleus Interactions and Related Phenomena organized by J. Carbonell at the ECT* (Trento, June 2019).

Varese Timoteo (UNICAMP): Visited IPNO, 20-22 May 2019; start of collaboration with Ubirajara van Kolck on effective field theories for nuclear interactions from lattice QCD, and delivery of seminar “Two, three and many nucleons with effective interactions”. His visit to IPNO was not charged to the LIA.

Andre Lessa (UFABC): Visited the Laboratoire de Physique Subatomique & Cosmologie (LPSC), Grenoble, 09-19 June 2019; collaboration with **Sabine Kraml** on the reinterpretation of LHC results for new physics. Following this visit, A. Lessa, S. Kraml and H. Reyes-Gonzalez (PhD student) jointly participated at the Workshop on Physics at TeV Colliders 2019 in Les Houches, where this work continued.

Tobias Frederico (ITA) : Visited IPNO, 26 August-11 October 2019 (with two one-week breaks to attend workshops in Rome and Coimbra); Continuation of collaboration with **Jaume Carbonell** on solutions of the Bethe Salpeter equation in Minkowski space, participation in the Light-Cone Meeting (LCM20219) organized by J. Carbonell at the Ecole Polytechnique (16-20 Septembre 2019), and participation in the lecture series by **V.A. Karmanov** organized by J. Carbonell at Institut de Physique Nucleaire d’Orsay together with CEA/DPhN with support from P2I. Supported by **Thematic project FAPESP**.

Celso Barros Junior (UFSC) : Visited the Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC), Caen, 13-29 September 2019; Completion of calculations for publication with **Francesca Gulminelli**.

Debora Menezes (UFSC) : Visited the Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC) Caen, 17-29 November 2019, collaboration with **Francesca Gulminelli**.

INTERCÂMBIO em 2019: da França para o Brasil

Ubirajara van Kolck (Directeur de recherche, Institut de Physique Nucleaire d'Orsay) :

Participated in **the XIX Jorge Andre Swieca Summer School on Nuclear Physics** in Campos do Jordao and visited the **USP, 08-24 February 2019** ; Delivery of lectures on « Nuclear Effective Field Theories » and collaboration with **R. Higa (USP) on few-body systems**. This visit was not charged to the LIA.

Visit to **USP and USP São Carlos**, 30 May-17 June 2019 ; Collaboration with **R. Higa (USP)** and **T. Frederico (ITA)** on few-body systems, and delivery of two seminars in the Sao Carlos campus, « Bosons Near Unitarity with effective Field Theory » and « From Lattice QCD to Nuclei with Effective Field Theory ».

Attended the **4th International Workshop on Quasi-Free Scattering with Radioactive-Ion Beams** organized by our partners **Valdir Guimaraes (USP) and Renato Higa (USP)** in Maresias, 12-20 October 2019; Delivery of invited talk on « Charge Form Factor of Halo Nuclei ». This visit was not charged to the LIA.

Jerome Margueron (Directeur de recherche, Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon) :

Visited **ITA**, 23 September-05 October 2019 ; Collaboration with **Brett V. Carlson** on relativistic one-boson exchange potentials: phase shifts and dense matter and delivery of talk on « Towards a Better Understanding of Dense Matter with Gravitational Waves ».

Atividades de pesquisa 2019

1) **Beyond-the-Standard-Model physics:** **A. Lessa (UFABC)** and **S. Kraml (LPSC)** have made significant progress on the reinterpretation of LHC searches, **in particular searches for long-lived particles (LLPs)**. For instance, the SModelS code was extended to allow for a better treatment of LLPs. The currently available ATLAS and CMS simplified model results from Run 2 (both prompt and long-lived) have been implemented in the SModelS database. Lessa and Kraml have also been working on machine learning for particle physics phenomenology, in particular on deep neural networks for fast cross-section predictions. This work was a contribution to the Tools and Monte-Carlo Working Group of the Les Houches Workshop on Physics at TeV Colliders. It was presented at the IN2P3/IRFU Machine Learning Workshop at the CC Lyon in January 2020.

- W. Abdallah et al. (S. Kraml, A. Lessa, H. Reyes-Gonzalez), “Reinterpretation of LHC Results for New Physics: Status and Recommendations after Run 2” (S. Kraml and A. Lessa are co-editors of this community report) SciPost Phys. 9, 022 (2020).

- SModelS (<https://smodels.github.io/>): a tool for automatised interpretation of simplified-model results from the LHC, including a large database of LHC results; an update of the SModelS database with Run 2 results from ATLAS and CMS is in preparation and will be released soon. An extensive online manual will be provided.

2) **Light nuclei:** During his first visit, **Ubirajara van Kolck (IPNO)** and **Renato Higa (USP)** started a project on **proton-alpha scattering in Halo/Cluster EFT** along the lines of an earlier description of neutron-alpha scattering. The data leads to a Coulomb-corrected scattering length that is almost exactly two times the effective range, resulting in a double pole of the S matrix. The interpretation and consistency of this unusual phenomenon is unclear. This feature of the S matrix became the topic of a new collaboration with **V. Timoteo (Unicamp)** after the latter’s visit to Orsay. The same type of pole is suggested by lattice QCD calculations at unphysical pion mass, but these calculations are easier because of the absence of Coulomb interactions. We have modeled the two-body interaction and we are **calculating the corresponding three-body energy, for which lattice QCD data exist at the same pion mass**. In **Van Kolck’s third second visit**, a project was started with **Higa and T. Frederico (ITA)** on the calculation of the **excited four-particle state associated with the Efimov three-body ground state in the unitarity limit**. Discrete scale invariance and its breaking at next-to-leading order are used to extract the universal energy of this state from earlier non-universal calculations.

Atividades de pesquisa 2019

3) **Nucleon-antinucleon interactions:** Jaume Carbonell (IPNO) and E. Ydrefors (ITA/IPNO) have worked on a model for the nucleon-antinucleon interaction. They have applied it in the calculation of the protonium annihilation densities. E Ydrefors, J Carbonell, “ Protonium annihilation densities in a unitary coupled channel model”, European Physical Journal A 57 (2021) 303

4) **Nuclear reactions:** Alessandro de Lara (USP) and Fairouz Hammache (IPNO) discussed the analysis of the $^{24}\text{Mg}(\text{3He}, \text{4He})^{23}\text{Mg}$ experiment and the DWBA calculations that must be performed in order to interpret the data. The experiment, whose spokesperson is Valdir Guimaraes (Universidade de Sao Paulo), was carried out at ALTO (IPNO) at the end of 2018 in collaboration with IPNO's NESTER group. The analysis of the data has been done by Lara as part of his master thesis' project.

Lara is now going to pursue a Ph.D. with the co-supervision of Guimarães and Hammache.

His visit allowed discussions about the thesis topic: the experimental study of the reactions $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$ and $^{22}\text{Ne}(\alpha, \gamma)^{26}\text{Mg}$ via the alpha-transfer reaction $^{22}\text{Ne}(^7\text{Li}, t)^{26}\text{Mg}$. This experiment, of which Hammache is spokesperson, will be carried out using a ^{22}Ne gas cell coupled to the Split-Pole spectrometer at the ALTO/Tandem. In order to familiarize himself with the subject, Lara began to collect the bibliography on the reaction $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$, the main source of the neutrons necessary to trigger the s-process in massive stars. He also started performing simulations to investigate possibilities of optimizing the gas cell.

Atividades de pesquisa 2019

5) **Nuclear matter** : **Jerome Margueron (IP2I) and Brazilian collaborators** have progressed on the development of a new relativistic NN interaction based on a meson-exchange model, where the interaction vertex is treated fully relativistically in contrast to previous approaches (Bonn potentials for instance). This new interaction presents the advantage of reducing the ultraviolet divergence and consequently the role of the cutoff. Fits of NN phase shifts have shown the very good accuracy of the new interaction (comparable or slightly better than previous models) for cutoff values ranging from 1 to 2 GeV. The other formal advantage of this new interaction is that there is only one cutoff for all mesons, again in contrast to previous interactions, which employ different cutoffs for various mesons. A paper showing these results is presently being written and will soon be submitted. The next step in this project will be the study of dense matter using a Dirac-Brueckner-Hartree-Fock approach. **Margueron's visit to Brazil has also motivated a new collaboration with Brett Vern Carlson, Maria Dutra and Odilon Lourenço from ITA** on the quantitative estimate of the accuracy of phenomenological nuclear interactions for the properties of finite nuclei and astrophysical quantities. Previous works focused on the confrontation to astrophysical predictions have selected a set of phenomenological nuclear interactions which usually perform badly for finite nuclei. They started a new project where a set of nuclear interactions (Skyrme, NL-RMF, DD-RMF) are first validated from their confrontation to nuclear properties before any comparison to astrophysical data. In its present stage, “goodness” is a multidimensional object measuring the ability of the considered interaction to reproduce doubly magic $N=Z$ nuclei and N different from Z , as well as charge radii. The goodness is thus a 4-dimensional characterization allowing an easy understanding of the model goodness and deficiencies. About 400 known nuclear interactions are being analyzed in this project, questioning various practical issues such as which values have been used by various authors for the universal constants or for the employed discrete basis. Given their impact on the results, will provide details of the calculations in an open way and before publication, allowing the colleagues to compare their results with those ones. The confrontation of relativistic and nonrelativistic models within a unique framework will also clarify the goodness of these classes of models for the description of finite nuclei. Such analyses will thus be performed within this project.

Atividades de pesquisa 2019

6) **Nuclear astrophysics: Celso Barros Junior (UFSC) and Francesca Gulminelli (LPC)** finalized the calculations of the distributions of “pasta”-type structures in symmetric stellar matter at finite temperature, within the framework of a relativistic mean-field model. These distributions are calculated in a variational approach from the Gibbs functional obtained in the mean-field approach using a phase-coexistence approximation. The mean values for the size and shape of the structures roughly coincide with those predicted by the standard approach, but deviations are observed due to rearrangement terms introduced by statistical equilibrium in a multi- component system, which in chemistry correspond to the deviations from the linear mixing rule in multi- component mixtures. In addition, the fluctuations were calculated and showed to increase with temperature and baryon density. The different forms of pasta coexist in a wide range of density and temperature, in qualitative agreement with the results of large-scale molecular-dynamics simulations, but with a much lower cost of calculation. **Results published in Physical Review C.**

Déborá Menezes (UFSC) and Francesca Gulminelli (LPC) have later made progress on formal developments of the project. They rederived the formalism in the case of asymmetric nuclear matter and have initiated the calculation of the impurity factor associated with the distributions of nuclei in hot matter. This factor is important for the cooling of neutron stars. It has not yet been completed, but a first numerical implementation of the calculation of the structure distributions for asymmetric matter has produced promising results.

7) **Ziad El Bittar (Charge de recherche, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg)** reported on the thesis « Biophysical modelling of radiation-induced chromosome aberration » which was supervised by Professor Francesca Ballarini (University of Pavia, Italy) and Professor Mario Bernal (Universidade de Campinas). **The PhD work was related to the collaboration El Bitar had with Bernal in 2018. El Bittar also participated in the defense committee.** The defense was held in Pavia because the PhD was funded by an international projet between the universities of Pavia and Campinas.

8) **Tobias Frederico (ITA) and Valdir Guimarães (USP)**, among others, and **U. van Kolck (IPNO)** submitted in 2019 a four-year project « Nuclear Physics of Few- and Many-Body Systems and Clusters : From theory to experiment » to the **CAPES-COFECUB** program managed on the French side by Campus France. The project was approved under number Ph 961/20.

PUBLICAÇÕES SUBMETIDAS EM 2019

C. C. Barros, D. P. Menezes, and F. Gulminelli, “Pasta fluctuations in symmetric matter at finite temperature”, Phys.Rev. C101, 035211 (2020), arXiv:1911.02863 [nucl-th].

F. Ambrogi et al. (**S. Kraml, A. Lessa, H. Reyes-Gonzalez**), “SModelS v1.2: long-lived particles, combination of signal regions, and other novelties”, Comput. Phys. Comm. 251 (2020) 106848, arXiv:1811.10624 [hep-ph].

J. Alimena et al. (**S. Kraml, A. Lessa**), “Searching for Long-Lived Particles beyond the Standard Model at the Large Hadron Collider”, J. Phys. G 47, 090501 (2020), arXiv:1903.04497 [hep-ex].

J. Heisig, S. Kraml, and A. Lessa, “Constraining new physics with searches for long-lived particles: Implementation into SModelS”, Phys. Lett. B 788 (2019) 87, arXiv:1808.05229 [hep-ph].

G. Brooijmans et al. (**S. Kraml, A. Lessa, H. Reyes-Gonzalez**), “Les Houches 2019: Physics at TeV Colliders New Physics Working Group Report”, arXiv:2002.12220 [hep-ph].

Gautam Rupak, Akshay Vaghan, **Renato Higa, Ubirajara van Kolck**. Fate of the neutron–deuteron virtual state as an Efimov level, Physics Letters B 791(2019) 414

INTERCÂMBIO em 2020

Due to the **coronavirus pandemic**, no in-person meetings were organized. However, there was a videoconference to prepare a 2021 experiment at GANIL on November 4, 2020, involving 5 participants (from the French side: F. de Oliveira, C. Fougères, T. Roger).

Several trips were planned but had to be **cancelled** due to the pandemic. The only visits were scheduled before borders were closed and LIA funds could be assigned, so they were covered by Brazilian sources and lab funds:

V. Guimarães (USP) and J. Zamora (his postdoc) – visited **GANIL for one week in March to participate in experiment E796**.

V. Timoteo (UNICAMP) – visited **IJCLab from February 19 to 21** to continue a collaboration with U. van Kolck (IJCLab) on effective field theories for nuclear interactions from lattice QCD, and to deliver a **seminar on “Hadronic matter under strong magnetic fields: matching effective models to lattice QCD”**. V. Timoteo was visiting the Universiteit Utrecht and his visit to IJCLab was not charged to the LIA.

Several trips were planned but had to be canceled due to the pandemic. However, there was one online seminar:

U. van Kolck (DR, IJCLab) – delivered online colloquium **“The Discrete Charm of Scale Invariance in Nuclear and Atomic Physics”** to ITA on July 3.

Atividades de pesquisa 2020

1) **Beyond-the-Standard-Model physics** : **A. Lessa (UFABC) and S. Kraml (LPSC)**

- implemented and validated a large set of **new simplified model results from the LHC**, including several new results for full Run2 luminosity, in SModelS. This led to the publication of a new SModelS version and database (currently v1.2.4). Work towards SModelS 2.0, which among other novelties will allow a better treatment of searches for long-lived particles, has been delayed by the pandemic but is nonetheless making good progress. We hope to publish SModelS 2.0 in early 2021.
- within the **LHC Reinterpretation Forum (co-led by them)**, investigated the status of efforts to improve the reinterpretation of searches and measurements at the LHC in terms of models for new physics. In a major report, they detailed current experimental offerings in direct searches for new particles, measurements, technical implementations and Open Data, and provided a set of recommendations for further improving the presentation of LHC results in order to better enable reinterpretation in the future.
- developed a **new algorithm based on statistical learning, with the purpose to identify potential dispersed signals of new physics in the slew of published LHC results**. It employs a random walk algorithm to introduce sets of new particles, dubbed protomodels, which are tested against simplified-model results from ATLAS and CMS, exploiting the SModelS software framework. Employing a multi-level optimization procedure, they can bring to light potential dispersed signals, which might otherwise be missed simply because each individual experimental analysis only looks at a fraction of the LHC data. **A prototype has been presented in a preprint and several talks, and they expect to do much work along this line in the near and mid-term future.**

2) **Light nuclei** :

U. van Kolck (IJCLab) and V. Timoteo (Unicamp) collaborated on a project started with Timoteo's visit to Orsay in 2019. Lattice QCD simulations at unphysical pion masses indicate the presence of two double S- wave poles in the two-nucleon S matrix on the positive imaginary axis of the complex momentum plane. **They have modeled the two-body interaction that produces a double pole and are calculating the corresponding three-body energies.** They have obtained results when there is a single double pole, which are universal in the sense of holding for any system with an uncoupled two-body S wave. They are now calculating the corresponding results for nucleons where the two two-body S waves contribute to the three- body binding energy. **Results will be compared with existing lattice QCD data at the same pion mass.**

3) **Nuclear reactions : V. Guimarães (USP) and his group continued their collaboration with F. Hammache (IJCLab), F. de Oliveira Santos (GANIL) and others in France.**

- **Reactions: $^{18}\text{F}(n,\alpha)^{15}\text{N}$ and $^{18}\text{F}(n,p)^{18}\text{O}$.** Spatially-correlated overabundances of ^{15}N and ^{18}O observed in some low-density graphite meteoritic grains have been connected to the nucleosynthesis taking place in the helium-burning shell of core-collapse supernovae. Those two reactions are relevant for the final abundances of ^{15}N and ^{18}O . The relative strength of the two reactions depends sensitively on the relative α and p decay branches from states above the neutron threshold in ^{19}F , in addition to other properties such as spins, parities, and neutron widths. Experimental data on the charged-particle decays from these highly excited states had been lacking or inconsistent. Two experiments were performed using proton inelastic scattering from LiF targets and magnetic spectrographs. The first experiment used the high-resolution Q3D spectrograph at Munich to constrain the properties of levels in ^{19}F . A second experiment using the Orsay Split-Pole spectrograph and an array of silicon detectors was performed in order to measure the charged-particle decays of neutron-unbound levels in ^{19}F . A number of levels in ^{19}F have been identified along with their corresponding charged-particle decays. The first state above the neutron threshold, which has an observed proton-decay branch to the ground state of ^{18}O , lies 68 keV above the neutron threshold. The α -particle decays from neutron-unbound levels is generally observed to be much stronger than the proton decay branch. Neutron-unbound levels in ^{19}F are thus observed to decay predominantly by α -particle emission, supporting the role of **$^{18}\text{F}(n,\alpha)^{15}\text{N}$** in the production of ^{15}N in the helium-burning shell of supernovae. Improved resonant-scattering reaction data are required in order to be able to determine the reaction rates accurately.

$^{18}\text{F}(p,\alpha)^{15}\text{O}$. Classical novae result from thermonuclear explosions producing several γ -ray emitters, which are prime targets for satellites observing in the MeV range. The early 511 keV γ -ray emission depends critically on the $^{18}\text{F}(p,\alpha)^{15}\text{O}$ reaction rate which, despite many experimental and theoretical efforts, remains uncertain. One of the main uncertainties in this reaction rate is the contribution in the Gamow window of interference between sub-threshold ^{19}Ne states and known broad states at higher energies. Therefore the goal was to clarify the existence and the nature of these sub-threshold states. States in the ^{19}Ne compound nucleus were studied at the Tandem-ALTO facility using the $^{19}\text{F}(^3\text{He},t)^{19}\text{Ne}$ charge-exchange reaction. Tritons were detected with an Enge Split-Pole spectrometer while decaying protons or α -particles from unbound ^{19}Ne states were collected, in coincidence, with a double-sided silicon-strip detector array.

4) Nuclear astrophysics :

D.P. Menezes (UFSC) and F. Gulminelli (LPC) study the modeling of inhomogeneous “pasta” phases in the inner crust of neutron stars and proto-stars. In particular, the presence of an amorphous layer of pasta is important for the description of interactions between leptons (electrons, neutrinos) and hadronic matter, which determine the transport properties of compact objects. The microscopic input to astrophysical simulations are the impurity factor Q_{imp} and the static structure factor $S(k)$. The calculation of these quantities requires the evaluation of probability distributions for various structures and their geometries. In the framework of this LIA, they have conducted a first, schematic study of Q_{imp} for symmetric nuclear matter with the NL3 functional obtained in the relativistic mean-field approach. This study was published in Phys. Rev. C in March 2020.

A new **graduate student, Mateus Reinke Pelicer, joined the collaboration in 2020**. He has taken over the formalism of fluctuations in composition, derived the equations in a variational approach, resolved several numerical problems, and extended the calculation to asymmetric matter. Numerical simulations are finished and a paper is in preparation. **His thesis project was officially accepted in December 2020 as a joint supervision between UFSC and Universite de Caen.**

Titre : Modelling impurities in stellar matter

Doctorant: Mateus Reinke Pelicer

Labo principal: UFSC

Directrice de thèse : **Debora P. Menezes (UFSC)**

Co-directrice de thèse : **Francesca Gulminelli (Univ. Caen)**

Observation : le dossier de Mateus Pelicer a été sélectionné par les deux universités (premier rang) pour une demande de bourse Eiffel par Campus France (12 mois)

Física Nuclear Aplicada

Frederico Genezini, Maurício Morales, Nilson Viera, Wilson Calvo (IPEN)

- Estudo de pequenas **câmeras de fissão que serão inseridas no núcleo do reator de pesquisa IEA-R1** visando validar os modelos numéricos: colaboração com o **Dr. Patrick Blaise, da CEA**
- **Irradiação de amostras para datação da história térmica de minerais** (geotermocronologia): colaboração com **Dr. Thierry Allarda, da Universités Pierre & Marie Curie**. Estamos usando o reator IEA-R1 para algumas amostras que já foram feitas.

Publicações submetidas em 2020

F. Ambrogi et al. (**S. Kraml, A. Lessa, H. Reyes-Gonzalez**), “SModelS v1.2: long-lived particles, combination of signal regions, and other novelties”, Comput. Phys. Comm. 251 (2020) 106848, arXiv:1811.10624 [hep-ph].

J. Alimena et al. (**S. Kraml, A. Lessa**), “Searching for Long-Lived Particles beyond the Standard Model at the Large Hadron Collider”, J. Phys G 47 (2020) 090501, arXiv:1903.04497 [hep-ex].

W. Abdallah et al. (**S. Kraml, A. Lessa**). Reinterpretation of LHC Results for New Physics: Status and SciPost Phys. n(2020) 022 arXiv:2003.07868 [hep-ph].

C.K. Khosa, **Kraml, A. Lessa**, P. Neuhuber and W. Waltenberger, LHEP (2020) LHEP-158, arXiv:2005.00555 [hep-ph].

W. Waltenberger, **A. Lessa and S. Kraml**, Artificial Proto-Modelling: Building Precursors of a Next Standard Model from Simplified Model Results”, JHEP 2021, 207 (2021), arXiv:2012.12246 [hep-ph].

SModelS, G. Alguero et al. (**S. Kraml, A. Lessa**),

SModelS, oral presentation and tutorial at PyHEP2020, 13-17 July 2020, online conference.

SModelS: a tool for interpreting simplified model results from the LHC, versions 1.2.3 and 1.2.4,

<https://smodels.github.io/> (extended public software and new database). Protomodel Builder: identifying potential dispersed signals of new physics in the slew of published LHC results, <https://smodels.github.io/protomodels>

P. Adsley et al., (**V. Guimarães**) « Charged-particle branching ratios above the neutron threshold in ^{19}F : constraining ^{15}N production in core-collapse supernovae », Phys. Rev. C 103, 035804 (2021), arXiv:2007.03965 [nucl-ex].

J.E. Riley et al., (**V. Guimarães**) « Sub-threshold states in ^{19}Ne relevant to $^{18}\text{F}(p,\alpha)^{15}\text{O}$ », Phys. Rev. C 103, 015807 (2021), arXiv:2011.13222 [nucl-ex].

E Ydrefors, J Carbonell, “ Protonium annihilation densities in a unitary coupled channel model”,

European Physical J A 57 (2021) 303

Funcionamento do IRP-SUBATOMIC

Estabeleçemos uma lista de **colaboradores**, **eixos gerais de atuação** general **axis** e **recursos financeiros** 2018-(1+4+[4] years) :

Eixos de atuação:

- *Física Teórica: Poucos corpos, Teoria Efetiva de Campos (EFT), Reações Nucleares, Física de Hádrons, Astrofísica Nuclear (reações nucleares e equações de estado);*
- *Física Nuclear Experimental (núcleos leves e reações nucleares de interesse astrofísico);*
- *Física Nuclear Aplicada: radioisótopos, efeitos da radiação...*
- ***Treinamento de estudantes/jovens pesquisadores***
 - ***Programa de intercâmbio***
 - ***Treinamento de estudantes de graduação nos Laboratórios***
 - ***Cotutela de Doutorado***

....

Sinergia do IRP-Subatomic e o Projeto CAPES/COFECUB “Física Nuclear de Poucos e Muitos Corpos e Aglomerados: da Teoria ao Experimento”

Pessoal envolvido no IRP-Subatomic

ITA (**T. Frederico**, **B. Carlson**, **W. de Paula**, M. Malheiro, **Mariana Dutra**, **Odilon Lourenço**,...),
USP (**Valdir Guimarães**, **Renato Higa**, Alinka Lepine,...),
UNIFESP (**Marlete Assunção**)
IFT/UNESP (Gastão Krein, Marcelo Yamashita, Lauro Tomio...)
UFSC (**Débora Menezes**, **Celso Barros**)
UFF (**Jesus Lubian**,...)
UFRJ/UFF (Luís Felipe Canto)
UFABC (**A. Lessa**)
CBPF (**Geraldo Cernicchiaro**)
UNICAMP (**Silvio Vitiello**, Mario Bernal, **Varese Timoteo**)
IPEN(**F. Genezini**, M. Morales, N. Viera, W. Calvo)

Da França vários laboratórios do CNRS

IPN Orsay (**J. Carbonell**, **U. Van Kolck**, **F. Hammache**, **N. de Séréville**, **Fabian Zomer**, **K. Dupraz**)
IPHC Strasbourg (R. Lazauskas, **Z. Bitar**)
IPN Lyon (**J. Margueron**)
LPSC Grenoble (**S. Kraml**)
LPC Caen (**F. Gulminelli**, **D. Chatterjee**)
GANIL (Navin Alahari, **F. de Oliveira**, M. Ploszajcak...)
LAL Orsay (F. Zemer,..)
CSNSM Orsay (Alain Coc, **Etienne Dupont**)
Universités Pierre & Marie Curie (**Thierry Allarda**)

Tópicos de pesquisa consolidados e em andamento 2018-2019-2020-2021:

- Problema de Poucos Corpos Relativístico (Frederico, Carbonell, De Paula)
- Física Além do Modelo Padrão; (Lessa, Kraml)
- Núcleos Leves; (Higa, van Kolck, Frederico, Timóteo)
- Interação Nucleon-antinucleon; (J. Carbonell, E. Ydrefors)
- Reações Nucleares; (Guimarães, Hammache, de Séréville, Zomer)
- Matéria Nuclear; (Margueron, Carlson, Lourenço, Dutra)
- Astrofísica Nuclear; (Débora Menezes, Celso Barros, F. Gulminelli, D. Chatterjee)
- Física Nuclear Aplicada; (Genezini, Morales, Thierry Allarda...)
- Treinamento de estudantes e jovens pesquisadores....
- **2022 retomada das atividades presenciais, 2nd Workshop!!!!**