

Stratégie de recherche de l'axe P2I

Frédéric Déliot

Journée P2I

2 décembre 2021



Stratégie de recherche de Paris-Saclay



Modalités d'élaboration

La politique de recherche de l'Université Paris-Saclay a pour objectif en particulier (points en lien avec l'établissement de sa stratégie de recherche):

- Préserver et consolider les positions fortes disciplinaires existantes, et renforcer celles considérées comme trop faibles
- Créer un équilibre entre l'émergence de nouvelles thématiques prometteuses et une mobilisation sur des sujets nécessitant un investissement de long terme

Leviers pour atteindre ces objectifs:

- diagnostic des domaines disciplinaires nécessitant un renforcement
- Identifier les enjeux sur lesquels l'université souhaite être particulièrement présente (en lien avec les stratégies européenne et nationale sans en être prisonniers)

Stratégie de recherche de Paris-Saclay



Méthodologie

Quatre étapes:

- Réflexion par Graduate School sur les objectifs scientifiques, les défis à relever, les forces de l'Université, les faiblesses et les moyens d'y remédier
 - pour P2I: document 'long' (60 pages) en partant du document de stratégie de 2017, draft [ici](#)
- Texte de 5 pages par Graduate School de proposition de sujets à soutenir, de moyens à mobiliser (basé sur la réflexion de l'étape précédente)
 - pour P2I: draft [ici](#) (5p P2I, 5p PhOM, 2p Astro, 3p transverses, 1p levier)
- Consolidation de l'ensemble (avec les OI, les établissements, ...)
 - Fin 2021, début 2022
- Arbitrage sur les axes affichés et sur les attributions de moyens, éléments de la politique
 - Printemps/été 2022



Plan pour la partie P2I

(structure commune entre les axes de la GS Physique)

1. Introduction
2. Grandes questions et thématiques de recherche
Recherche fondamentale (Astroparticules, astrophysique nucléaire et cosmologie, physique hadronique et nucléaire, physique des particules)
3. Recherche en lien avec les défis sociétaux : Énergie et Santé
4. Recherche et outils technologiques
accélérateurs et aimants supraconducteurs, instrumentation et détecteurs,
Recherche et outils numériques
5. Opportunités

Document 'court'



Thématiques intra- inter-axes

- Thématiques fortes en pleine dynamique au sein des axes
 - nécessité de soutiens spécifiques, adaptés
 - à mettre en adéquation avec les stratégies des établissements
 - mais aussi à mettre en rapport avec les besoins et les enjeux locaux
- Thématiques entre axes sur Paris-Saclay
 - Astroparticules et cosmologie, physique théorique, simulation, traitement des données,...

Thématiques en lien avec d'autres GS

- Spatial, quantique, nanoscience, énergie, santé, optique ...
- Certaines sont liées à des objets inter-disciplinaires (OI)

Leviers d'action

- Expériences des LabEx
- Doctorants, post-doctorants, plateforme, valorisation



Groupe de travail pour la première étape de réflexion

Même thématique qu'en 2017:

- **Astroparticules, Astrophysique nucléaire et Cosmologie:** Tiina Suomijärvi, Nicolas Leroy
- **Physique Hadronique et Nucléaire:** Christophe Theisen, Iolanda Matea
- **Physique des Particules:** Lydia Fayard, Julie Malcles, Sandrine Emery, Frédéric Déliot
- **Physique Théorique:** Bartjan van Tent, Stéphane Lavignac
- **Energie:** Cheikh Diop
- **Santé:** Charles-Olivier Bacri
- **Accélérateurs et Aimants Supraconducteurs:** Stéphane Chel, Christelle Bruni
- **Instrumentation et Détecteurs:** Esther Ferrer, Giulia Hull
- **Modélisation et Simulation numérique:** Cheikh Diop
- **Traitement de Données et Calcul Haute Performance:** Julien Peloton

Commentaires de nombreuses autres personnes de la communauté

Stratégie de recherche P2I 2021



Structure du document 'long' pour chaque thématique

- Courte introduction pour présenter les principaux enjeux du domaine
- Corps du document: stratégie des laboratoires P2I au sein de la stratégie nationale/internationale
- Conclusion avec les faiblesses - Synergie/Opportunités de cette thématique au sein de P2I
- Liste des principaux enjeux: pour servir de base au document de synthèse



Thématiques de recherche

- Astroparticules et phénomènes violents
 - comprendre les phénomènes les plus violents de l'univers et la source des rayons cosmiques
- Cosmologie
 - comprendre l'origine et l'évolution de l'Univers
- Formation du système solaire
 - comprendre l'origine du système solaire
- Recherche directe de matière noire
- Théorie
 - modèles d'inflation, baryogenèse, leptogenèse, modèles de matière noire et d'énergie noire, gravité, ...

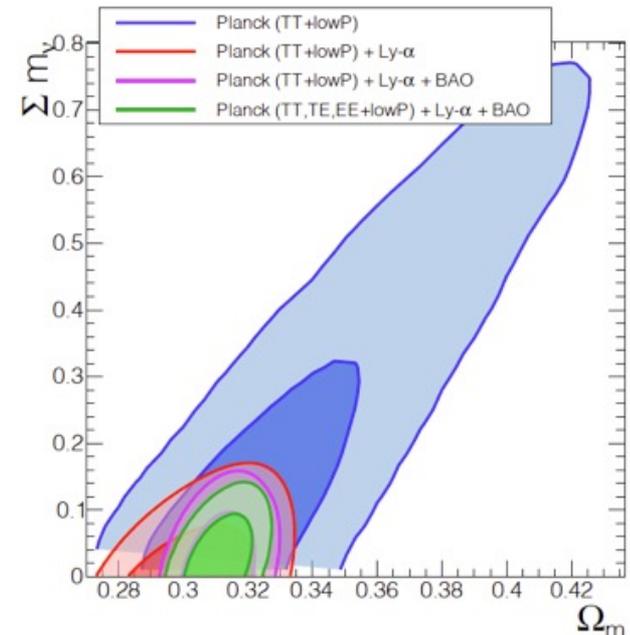


Astroparticules et phénomènes violents

- CTA projet phare avec l'expérience sur HESS (astro gamma, multi-messagers)
- Montée en puissance de l'étude des ondes gravitationnelles: AdvancedVirgo, Einstein Telescope, LISA
- Importance des études multi-messagers: particules chargées (AugerPrime), gamma (CTA, satellite SVOM), neutrinos

Cosmologie

- Comprendre l'énergie noire et l'inflation
 - Grandes structures: LSST
 - Oscillations Acoustiques de Baryons: DESI
 - Redshift Space Distorsion: DESI
 - Fond diffus cosmologique : satellite LiteBIRD, observatoire CMB-S4





Thématiques de recherche

- Collisions d'ions lourds ultra-relativistes
 - Physique hadronique des systèmes quarks-gluons dense et chaud
- Structure des hadrons
 - Physique hadronique des systèmes quarks-gluons confinés
- Le noyau atomique
 - Physique nucléaire de l'assemblage des protons et neutrons en noyaux atomiques
- Théorie
 - problème à N corps quantique, applications de la physique nucléaire, collisions d'ions lourds et de la QCD à haute température et densité, ...



Collisions d'ions lourds ultra-relativistes

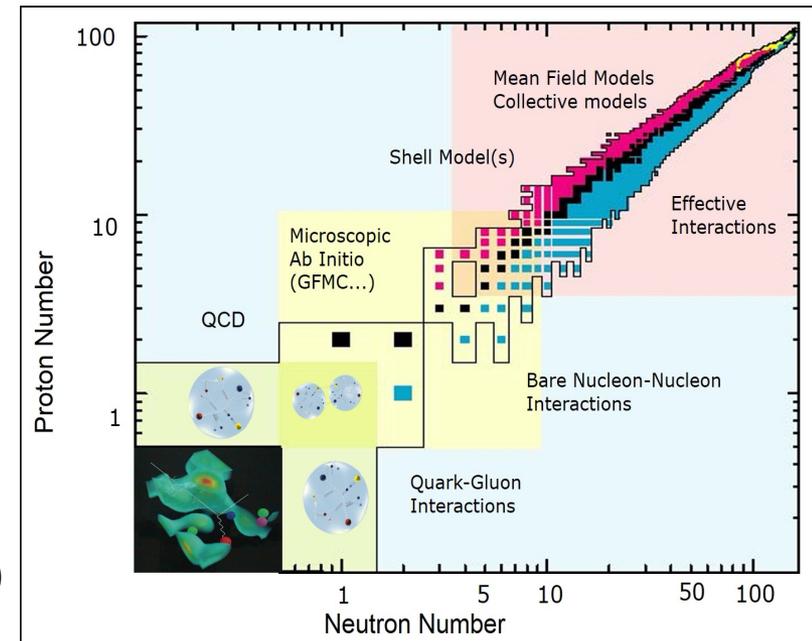
- Compréhension du plasma de quarks-gluons
 - Upgrade de l'expérience ALICE au LHC
 - Collision noyau-noyau dans LHCb et production de la beauté / charme

Structure des hadrons

- Expériences à Jefferson Lab et à FAIR
- Participation au futur collisionneur électron-ion (EIC), structuration de l'effort national

Noyau atomique

- mesures des propriétés nucléaires dans des conditions extrêmes en température, en isospin et en moment angulaire
 - Forte implication dans SPIRAL2 (GANIL)
 - plateforme expérimentale locale ALTO





Thématiques de recherche

Etude des constituants ultimes de la matière et de leurs interactions

- La physique au LHC et la physique de la saveur
 - Vérification du modèle standard après la découverte du boson de Higgs
 - Recherche directe et indirecte de nouvelles particules
- La physique des neutrinos
 - Mesure des paramètres de la matrice de mélange des neutrinos
 - Nature des neutrinos (Dirac ou Majorana)
 - Etude des interactions cohérentes avec l'ensemble du noyau atomique
- Théorie
 - chromodynamique quantique, physique de la saveur, physique du et au-delà du modèle standard, unification des interactions, ...

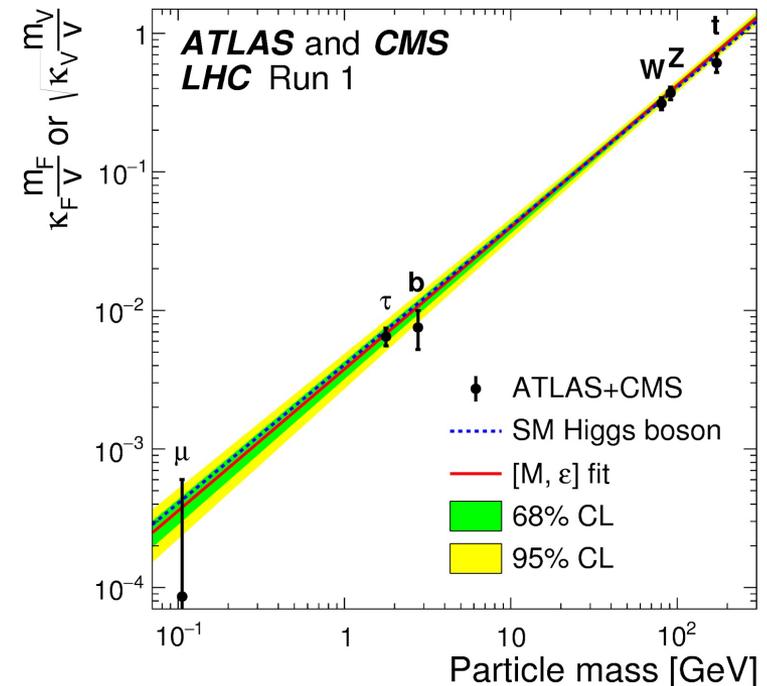


Physique des particules

- Upgrades des détecteurs du LHC (Atlas, CMS, LHCb) en vue de la phase haute luminosité (mesures des couplages au boson de Higgs et de son auto-couplage)
- Physique de la saveur, anomalies dans l'universalité leptonique (Belle II, LHCb)
- Perspectives sur les futures collisionneurs

Physique des neutrinos

- Mesures de précisions des paramètres d'oscillations: violation de CP et hiérarchie de masse (DUNE, T2HK)
- Nature Dirac/Majorana (SuperNEMO, CUPID)
- Contraintes sur les neutrinos stériles (KATRIN, STEREO)
- Etude des interactions cohérentes des neutrinos (NUCLEU, Ricochet)





construction et étude des théories qui décrivent les phénomènes physiques

- Pluridisciplinaire, interactions avec
 - PhOM, Astro
 - GS mathématiques
- Contribue à tous les domaines de P2I, force: diversité thématique
 - physique nucléaire, chromodynamique quantique et interaction forte, physique de la saveur, physique du modèle standard et au-delà, cosmologie et astroparticules, gravitation, ...
- Interprétation des résultats expérimentaux
- Travaux formels en lien avec des questions de physique fondamentale

Enjeux

- Développer les nouveaux outils théoriques et les thématiques émergentes
- Consolider la pluridisciplinarité et renforcer les collaborations avec les expérimentateurs



Contributions de P2I

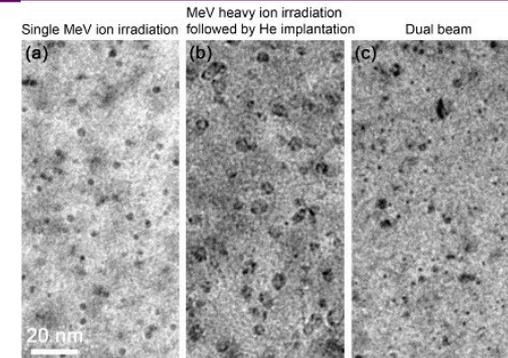
- Basées sur les compétences et expertises en recherche fondamentale, sur la mise en œuvre de technologies de pointe et les capacités d'innovation

Énergie

- Énergie nucléaire (fusion, fission) et énergies renouvelables (éoliennes supraconductrices)
 - R&D sur la physique nucléaire et les matériaux innovants, R&D multidisciplinaire relative à l'interaction avec l'environnement et à l'évolution du parc nucléaire
 - R&D à pérenniser et mieux intégrer localement

Santé

- Recherche à l'interface de la physique, de la biologie et de la médecine, complémentaire aux autres GS. Nécessité de développer ces interfaces
 - Imagerie préclinique et clinique en oncologie et neurosciences
 - Développements de sondes pour l'imagerie biologique
 - Nouvelles approches en radiothérapie
 - Modélisation de l'évolution des tumeurs cérébrales cancéreuses



Accélérateurs et aimants supraconducteurs



P2I leader en France

- Contributions dans la construction des infrastructures de recherche nationales, européennes et internationales
- Compétences variées
- Assure le fonctionnement d'installations locales (ALTO, JANNus, ThomX,...)

Thématiques de recherche

- Nouvelles générations de cavités et d'aimants supraconducteurs
- Accélération à très fort gradient
- Maîtrise des faisceaux extrêmes



Enjeux

- R&D pour nouvelles avancées conceptuelles et technologiques
- Intégration des thématiques environnementales et consommation d'énergie
- Concevoir et enrichir les plateformes locales



Instrumentes à la frontière de l'état de l'art

- Diversité des domaines de P2I \Rightarrow large palette de systèmes de détection
- Performances ultimes: développement simultané des détecteurs, de leur électronique de lecture et de leur intégration

Thématiques de recherche

- Détecteurs semi-conducteurs (à pixel ou MAPS)
- Détecteurs gazeux micro-structurés (Micromegas)
- Détecteurs cryogéniques, électronique bas bruit
- Détecteurs de lumière, ...



Enjeux

- Pérennisations des plateformes et des compétences
- Valorisation des profils expérimentaux et augmenter l'attractivité de ces thématiques



Modélisation et simulation: transverse à P2I

Principaux axes stratégiques:

- composantes transverses de la modélisation
- outils de modélisation et de simulation numérique
- ressources et moyens pour cette modélisation
- valorisation des outils développés

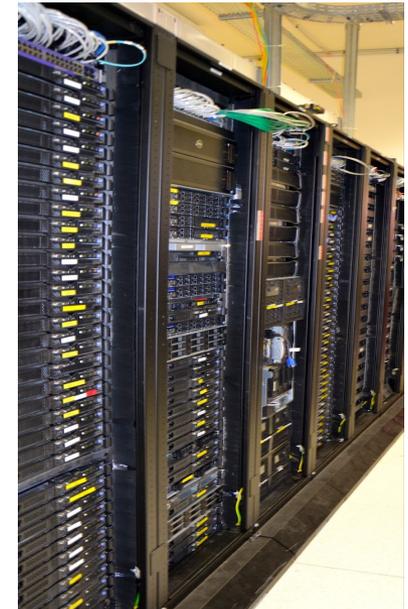
Enjeux

- Augmentation de la R&D et des synergies

Traitement de données et de calcul

Principaux axes stratégiques:

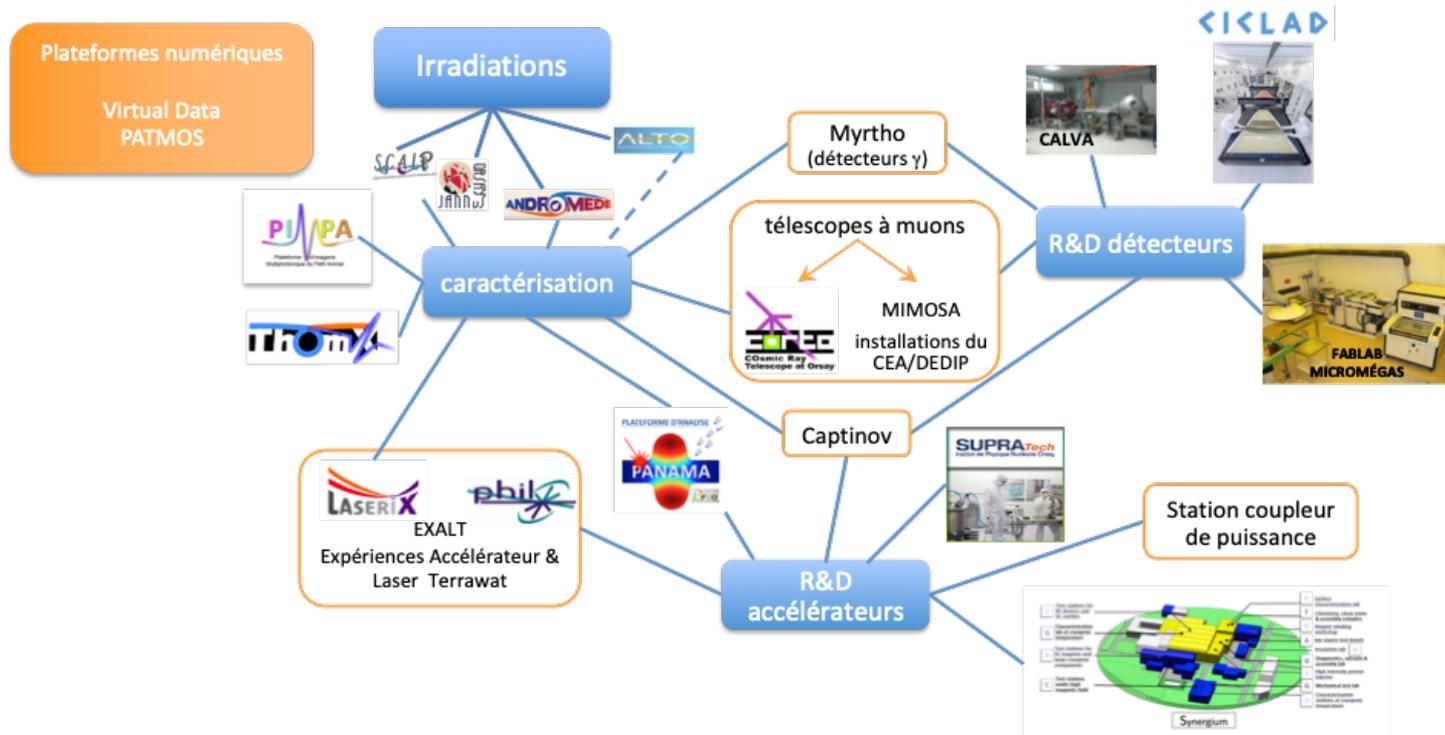
- parallélisme et nouvelles architectures matérielles
- infrastructures de stockage de données
- liens avec la science des données
- visualisation
 - s'appuient sur des infrastructures locales ou régionales





Richesse locale

- Exploitation de ~ 20 plateformes technologiques ou numériques
- Complémentaires aux Très Grandes Infrastructures de Recherche
- Plusieurs soutenus par le LabEx, SESAME, EQUIPEX
- Potentiel important pour la formation et le lien avec les industriels
- Élément clé: maintenir et renforcer ces infrastructures





Axes scientifiques et technologiques de P2I s'appuient sur

- des étudiants de licence, master, doctorants
- des formations de Master (NPAC, Grands instruments, CFP, Nuclear Energy): débouchés naturels dans nos laboratoires
- Visibilité internationale par nos participations aux grandes collaborations

Thèses

- ~ 70 thèses par an dans 4 écoles doctorales (PHENIICS, A&A, EDOM, PIF)

Enjeux

- Maintenir une formation de haut niveau dans les domaines de recherche fondamentale de P2I
- Développer des formations plus transverses (avec les autres GS et les OI pertinents):
 - Accélérateurs, détecteurs, énergie, modélisation et simulation numérique, science des données



Quelques forces

- Taille de la communauté P2I (>40% de l'effort national)
- Visibilité nationale et internationale
- Fort potentiel technique, réseau de plateformes
- Equipes intégrées : théoriciens – expérimentateurs - ingénieurs

Quelques faiblesses

- Difficulté de trouver une bonne adéquation entre les objectifs et les moyens humains/financiers
- Axes de R&D de P2I parfois peu en phase avec les priorités affichées par les guichets de financement (ANR ou H2020)
- Faible nombre d'enseignants-chercheurs

Opportunités / Menaces



Quelques opportunités

- Nombreux projets de recherche sur les grandes questions fondamentales
- Interactions croissantes entre les défis sociétaux et les thématiques de P2I
- Meilleure attractivité des étudiants et des chercheurs, notamment internationaux
- Collaboration forte avec les autres axes et Graduate Schools

Quelques menaces

- Financement nécessaire au-delà des grandes infrastructures de recherche
- Échelles de temps de certains projets très longues en comparaison des échelles de temps des financements
- Charge administrative croissante (recherche de financement, ...)
- Groupes de recherche quelque fois sous-critiques, perte de compétences
- Perte de financement de type P2IO

Conclusion



Etats des lieux et stratégie de nos domaines de recherche

- Recherche fondamentale (astro/cosmo, nucléaire, particules)
- Recherche interdisciplinaire (énergie et santé)
- Recherche et outils technologiques (aimants, détecteurs, simulation, calcul)

dans le cadre des stratégies nationales et internationales en mettant en avant les opportunités locales

Documents

- Long ([lien](#)), court ([lien](#))
- Commentaires bienvenus au bureau de l'axe

Merci à tous les contributions à ces documents