



# INSTITUT DE PHYSIQUE DE L'UNIVERS

Lettre d'Intention – v1.0

## TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION .....	3
2. CONTEXTE ET POSITIONNEMENT .....	3
Contexte .....	3
Structure Fédérative Antérieure – Labex OCEVU .....	4
Quelques mots à propos des laboratoires impliqués.....	6
3. DESCRIPTION DU PROJET D’INSTITUT .....	6
Description Générale.....	6
Volet Recherche et Technologie.....	8
Recherche .....	8
Centre International de Rencontres Scientifiques.....	9
Transfert Technologique.....	10
Equipements et Plateformes .....	10
Volet Formation – Graduate School .....	11
Organisation de l’enseignement.....	11
Au niveau Master .....	11
Lien Master/Doctorat .....	13
Pour la partie Doctorat .....	13
Formations connexes à l’IΦU .....	14
Accueil et encadrement des étudiants .....	14
Qualité et communication .....	14
Volet Diffusion et Médiation Scientifiques.....	15
4. PILOTAGE.....	16

## 1. INTRODUCTION

Cette lettre d'intention s'inscrit dans la ligne de la stratégie de l'Initiative d'Excellence A\*MIDEX démarrée avec la création d'Aix-Marseille Université (AMU) en 2012 et confirmée en 2016, qui a permis de renforcer les domaines d'excellence scientifiques et pédagogiques du site, en synergie avec les labellisations de 10 Laboratoires d'Excellence, 2 Instituts de Convergence et 2 Ecoles Universitaires de Recherche.

La structuration du site autour de ses thématiques d'excellence, recommandée dans le rapport du Comité d'Orientation Scientifique d'AMU en 2015 et plus récemment par les évaluations du HCERES, la création d'un Collège Doctoral dès 2007 ou encore la refonte de l'offre de formation 2018, sont autant d'initiatives qui visent à poursuivre la progression d'AMU comme Université de rang mondial. Aujourd'hui, l'enjeu est de conjuguer le meilleur de la recherche et de la formation pour optimiser le potentiel et les atouts du site et rendre encore plus visible l'excellence d'Aix-Marseille à l'international.

Dans cet esprit, l'initiative d'Institut de Physique de l'Univers (IΦU) proposée ici s'appuie sur les réalisations du Labex OCEVU (Origines, Constituants et Evolution de l'Univers) et vise à renforcer encore davantage le positionnement, l'attractivité et le rayonnement à l'international de ses laboratoires partenaires fondateurs (CPPM, CPT, LAM ; UMRs d'AMU et du CNRS, et aussi du CNES pour le LAM), en recherche (en liaison avec les laboratoires : LUPM et L2C/IFAC à Montpellier ; IRAP/GAHEC à Toulouse), en formation (en association avec l'OHP) et en transfert à la société.

S'appuyant sur les points forts et les synergies de ces laboratoires en physique fondamentale théorique, observationnelle et expérimentale, l'IΦU aspire à faire fructifier l'environnement structurant, collaboratif et interdisciplinaire d'excellence qu'OCEVU a initié avec succès. Il ambitionne d'être internationalement reconnu comme un acteur majeur dans les projets actuels et futurs et les études destinés à répondre aux questions fondamentales actuelles se rapportant à notre compréhension de l'univers, ses origines, ses constituants et son évolution, ainsi que dans les programmes de formation et de diffusion scientifique connexes.

L'appel à propositions d'instituts par AMU est une occasion unique d'étendre la structuration débutée avec OCEVU sur le front de la recherche, aussi sur le front de la formation par le biais de la création d'une « Graduate School » s'étendant du master au doctorat, fortement liée aux recherches et développements effectués au sein de l'IΦU et aussi en lien avec le premier cycle universitaire et les études secondaires. Notre objectif est qu'IΦU soit reconnu comme un des principaux centres d'excellence internationaux offrant un environnement international attractif, bien structuré et cohérent dans le domaine de l'étude de la physique de l'univers pour les scientifiques et les étudiants de partout dans le monde.

Les forces vives de l'IΦU comprennent environ 190 personnels scientifiques et techniques permanents (enseignants-chercheurs, astronomes, chercheurs CNRS et ingénieurs) et 100 non-permanents (post-doctorants et doctorants).

## 2. CONTEXTE ET POSITIONNEMENT

### CONTEXTE

La compréhension de l'origine, de la composition et de l'évolution de l'Univers dans un cadre cosmologique nécessite de faire des avancées, de l'échelle de Planck en passant par les très petites échelles subatomiques, jusqu'aux très grandes structures afférentes aux galaxies et à leurs amas, dans les approches expérimentales, observationnelles et théoriques employées. Les feuilles de route récentes au niveau français, européen et américain soulignent l'importance, pour aboutir à une percée, d'avoir une approche combinée des nombreuses questions encore sans réponse concernant la physique de l'Univers.

Aujourd'hui, on pense que le bilan énergétique de l'Univers est constitué d'environ 5% de matière ordinaire et de rayonnement directement observés et étudiés avec des accélérateurs de particules ou des télescopes; 23% de matière noire (Dark Matter), détectée par ses effets gravitationnels mais pas encore associée à un

composant physique; 72% d'énergie noire (Dark Energy), pensée responsable de la récemment découverte expansion accélérée de l'Univers, mais qui est possiblement aussi révélateur du besoin d'une nouvelle physique.

Cependant, un certain nombre de questions demeurent: quelle est la nature de l'énergie noire? Est-il nécessaire de modifier la loi de la gravitation? Quelle est la nature de la matière noire? Comment est-elle distribuée par rapport à la matière ordinaire? Comment les galaxies forment des étoiles? Quelle est la masse et la nature des neutrinos, et leur impact sur le modèle cosmologique? Peut-on sonder l'inflation en détectant la non-gaussianité? Qu'est-ce qui explique l'asymétrie matière-antimatière dans l'Univers? Quel est le mécanisme à l'œuvre dans le secteur de la brisure de symétrie des interactions électrofaibles? Est-ce que le boson de Higgs que nous avons participé à découvrir en 2012 est de type Modèle Standard ou une fenêtre sur de la nouvelle physique? Une nouvelle physique peut-elle être découverte par des évidences directes ou indirectes dans des expériences et des observations actuelles ou futures? Quelles sont les lois physiques qui régissent les interactions fondamentales à la frontière en énergie et, en particulier, quelle est la description correcte de la gravité à l'échelle de Planck? Ces questions fondamentales sont au cœur d'efforts considérables au niveau international.

Les équipes de nos 3 laboratoires (CPPM - en physique expérimentale des particules et des astroparticules, et en cosmologie, CPT - en physique théorique, LAM - en astrophysique et cosmologie) rassemblent l'expertise scientifique, les compétences techniques et les approches complémentaires (théoriques, observationnelles, expérimentales) qui en font un partenaire majeur dans cet effort mondial.

L'expertise complémentaire et la synergie qui en résulte entre nos laboratoires, pionniers au sein du Labex OCEVU, constituent une base solide pour former une structure d'excellence unique en France et parmi les leaders mondiaux, une opportunité majeure pour accroître la visibilité de l'Université Aix-Marseille dans ce champ de recherche transdisciplinaire. La dynamique de collaboration existante sera encore développée pour consolider un environnement fertile et structurant vers de nouvelles idées et de nouveaux programmes de recherche centrés sur la physique de l'univers, en mettant fortement l'accent sur l'éducation et la diffusion scientifique.

L'appel Instituts d'AMU, est une opportunité unique pour atteindre ces objectifs à travers la création de l'Institut pour la Physique de l'Univers (IΦU) intégrant le Labex OCEVU (avec quelques évolutions) et une « Graduate School » allant du master au doctorat, fortement liée à la recherche et aux développements réalisés dans IΦU, ainsi qu'à l'éducation de premier cycle et secondaire.

Notre ambition est que l'IΦU soit reconnu comme l'un des principaux Centres d'Excellence internationaux (et de devenir un Institut KAVLI) offrant un environnement collaboratif internationalement attractif, bien structuré et cohérent dans le domaine de l'étude de la Physique de l'Univers, pour les scientifiques et les étudiants de partout dans le monde.

La synergie de l'expertise et des ressources au sein d'IΦU sont comparables ou plus importantes que celles de centres comme par ex. l'Institut KAVLI pour l'Astrophysique des Particules et la Cosmologie (<https://kipac-web.stanford.edu> - Stanford, USA), l'Institut pour la Gravitation et le Cosmos à l'Université Penn State (<http://gravity.psu.edu> - Pennsylvanie, USA), l'Institut KAVLI pour les mathématiques et la physique de l'Univers (<http://www.ipmu.jp> - Tokyo, Japon), le Cluster allemand d'excellence «Universe» (<http://www.universe-cluster.de>) à Munich, ou encore le Centre d'excellence en physique des particules CoEPP (<http://www.coepp.org.au>) en Australie.

## STRUCTURE FEDERATIVE ANTERIEURE – LABEX OCEVU

Sélectionné en 2011 et démarré en 2012, il est géré par A\*MIDEX et implique 6 laboratoires partenaires (CPPM, CPT, LAM - Marseille, LUPM et L2C / IFAC - Montpellier, IRAP / GAEC - Toulouse). Il est destiné à combiner nos forces en cosmologie, en physique des particules et en astrophysique pour aborder les questions fondamentales liées à la physique de l'Univers à travers des projets collaboratifs entre les équipes des 6 laboratoires impliqués. <https://www.labex-ocevu.univ-amu.fr/>

OCEVU est une première étape réussie vers la création d'un environnement structurant, collaboratif, interdisciplinaire et internationalement attractif sur la physique des origines, des constituants et de l'évolution de l'Univers réunissant et combinant ses aspects expérimentaux, observationnels et théoriques. Avec un budget alloué de 10 M€ sur 8 ans, OCEVU a favorisé de nombreux projets de recherche collaborative: 230 demandes de financement déposées lors des 6 appels à propositions annuels; environ 60 projets soutenus après expertise par le Comité Scientifique et le Comité Exécutif d'OCEVU; 15 doctorants (5 de M2 d'Universités OCEVU, 5 de M2 d'autres Universités françaises, et 5 d'Universités étrangères) et 20 postdocs de 1 à 3 ans (dont 14 venant de l'étranger) recrutés, 18 scientifiques seniors étrangers invités pour des séjours de 2 semaines à 3 mois.

En 2017, 37 projets de collaboration pluriannuels financés ont été débutés ou poursuivis. Certains de ces projets sont réalisés dans le cadre d'activités «phare» telles que: ATLAS, LHCB, ANTARES/KM3NeT, CTA, SVOM, eBOSS, DESI, LSST, EUCLID, ... sans compter les implications dans d'autres activités d'OCEVU.

Au cours de la période 2012-2017, dans Web of Science (WoS), 337 articles sont référencés comme étant financés par OCEVU, avec un total de 4360 citations; 99 de ces articles ont > 9 citations, 33 > 24, 13 > 49, 7 > 99, 5 > 149 et 3 > 199. Pour l'année 2017 uniquement, dans WoS, 133 articles sont référencés comme étant financés par OCEVU, avec un total de 530 citations; jusqu'ici, 29 de ces articles ont plus de 5 citations et jusqu'à 85. Ces chiffres, cependant, ne correspondent qu'à une limite inférieure, étant donné que nous avons des difficultés à faire de très grandes collaborations internationales (comme ATLAS, Euclid ou LSST) à inclure OCEVU dans les remerciements de leurs publications: plus de 250 articles supplémentaires sur des travaux partiellement financés par OCEVU ont été publiés sans reconnaissance explicite à OCEVU.

OCEVU a également permis le développement et la consolidation de plateformes de recherche:

- SPACE: instrumentation des cuves ERIOS et 7m<sup>3</sup> au LAM
- Instrumentation pour "l'extrême": bras de mesure et table de mesure 3D; Microscope numérique; scope et sondes à 25 GHz
- Dark Energy Center de type HPC installé à AMU et mise à jour du nœud de Cloud du LUPM (Montpellier)
- Télescope de suivi au sol pour les candidats SVOM GRB à installer à l'Observatoire de San Pedro Martir au Mexique en 2019. Ce télescope sera également utilisé par la communauté de l'astrophysique de haute énergie dans le monde entier pour rechercher des homologues visibles / IR à multi-messenger alertes (neutrino, gamma, ondes gravitationnelles) provenant notamment des collaborations KM3NeT/IceCube, CTA et VIRGO/LIGO

Il a permis la mise en place de plateformes nationales/internationales de formation:

- Pour l'astronomie: télescope robotisé IRIS installé à l'Observatoire de Haute Provence (OHP) : <http://iris.lam.fr/>
- Pour la physique des rayons cosmiques: plateforme ePERON installée à l'Observatoire du Pic du Midi (OPM) : <https://eperon.omp.eu> ; fait partie d'un réseau international de plateformes éducatives sur à propos des rayons cosmiques (initié par l'IPPOG)

utilisées très efficacement à distance via une interface web par les élèves / étudiants et leurs enseignants, de l'enseignement secondaire au doctorat. Des sessions de formation ont également été organisées pour les enseignants du secondaire.

OCEVU a permis le développement de la formation par la recherche en finançant des équipements sur les télescopes à l'OHP, des cours d'observation à l'OHP et OPM (Licence et Master), des stages M2 dans les équipes de recherche OCEVU et des liens forts avec les Masters P3TMA et SPaCE. L'OHP est une plateforme de formation unique pour l'astronomie et l'astrophysique et une unité de service commune entre le CNRS et AMU, également utilisée pour la formation par d'autres Masters français et européens.

OCEVU a (co-)organisé 33 Conférences/Ateliers/Ecoles au niveau national et international, organisé 6 ateliers généraux annuels OCEVU (avec plus de 70 participants à chaque fois), des "camps d'été de physique" annuels d'abord pour les élèves de 1<sup>ère</sup> des lycées (2013, 2014) et depuis 2015 pour les étudiants de Licence-2 : une immersion totale d'une semaine dans nos domaines de recherche. Il s'est également engagé

dans de nombreuses actions et types de communication et de diffusion scientifiques pour les jeunes générations et le grand public.

OCEVU a très bien été évalué lors de l'évaluation à mi-parcours de l'ANR par son jury international (2015) et lors des réunions annuelles successives du Comité de Pilotage d'OCEVU (2013 à 2017).

## QUELQUES MOTS A PROPOS DES LABORATOIRES IMPLIQUES

Dans le classement « Best Global Universities » (<https://www.usnews.com/education/best-global-universities>), AMU est 169 (Monde), 68 (Europe) et 5 (France); classée au niveau international 39 pour la science spatiale et 126 en physique (couvre toute la physique, pas seulement nos champs disciplinaires).

Les trois laboratoires partenaires de l'IΦU (CPPM, CPT et LAM) sont des laboratoires reconnus internationalement. Leur évaluation HCERES 2017 est très positive et élogieuse, y compris en ce qui concerne leur impact international.

Leur production scientifique est assez substantielle: CPPM - 200 articles/an et 80 conférences lors de conférences internationales/an. CPT - 110 articles/an et 8 conférences organisées/an. LAM - 200 articles/an et autant de conférences. Pour les articles publiés depuis 2011, le nombre moyen de citations/an est respectivement de 23,3, 7,5 et 16,2. Au CPPM depuis 2010, 6 brevets et 2 startups (imXPAD et PowerSea). Au LAM, environ 1 brevet/an; 2 start-ups, la société First Light Imaging (1,5 M€ de chiffre d'affaires annuel, 6 salariés) est née en 2011 et la société Curve-One, qui vient d'être créée en mai 2018, et dont l'ambition est de commercialiser des détecteurs courbes.

Le nombre important et équilibré de personnels scientifiques permanents participant à l'IΦU - 37, 33 et 34 respectivement au CPPM, CPT et LAM - témoigne de leur fort intérêt à s'impliquer dans ce projet ambitieux, intérêt qui est probablement aussi encouragé par le succès du Labex OCEVU depuis sa création en 2012. Historiquement, les trois laboratoires ont maintenu (depuis plusieurs décennies) des liens forts dans la formation académique grâce à l'organisation très réussie d'un programme de Master (Physique des Particules, Physique Théorique, Physique Mathématique et Astronomie) qui forme des étudiants diplômés vers la préparation d'un doctorat.

Les trois laboratoires sont actuellement affiliés à l'Ecole Doctorale ED 352 et leurs personnels enseignants, leurs astronomes et certains de leurs personnels CNRS sont actuellement impliqués dans l'enseignement du Master de Physique (jusqu'à 2017 : Master 1 de Physique et Masters SPaCE et P3TMA), en particulier.

## 3. DESCRIPTION DU PROJET D'INSTITUT

### DESCRIPTION GENERALE

La proposition d'IΦU capitalise sur le succès d'OCEVU pour créer de nouvelles opportunités dans la recherche de haut-niveau, l'éducation et la diffusion scientifique. Elle vise à renforcer l'excellence scientifique, la portée internationale et l'attractivité d'AMU et de nos laboratoires dans le domaine de la physique de l'Univers. L'IΦU établira un environnement structurant, collaboratif et inter/trans-disciplinaire, conçu pour développer davantage les synergies entre nos laboratoires et pour renforcer les liens entre l'éducation et la recherche et pour améliorer la diffusion des connaissances, en particulier vers le système d'enseignement secondaire et les jeunes générations. L'IΦU se présente ainsi comme un projet global, cohérent et ambitieux centré sur la Physique de l'Univers.

Les approches complémentaires - théoriques, observationnelles et expérimentales - poursuivies au CPT, au LAM et au CPPM, et la concentration de l'expertise sur ces approches sur un même site offrent des opportunités tout à fait uniques. Cela permet aux scientifiques impliqués dans l'IΦU de développer des projets en synergie pour aborder les questions fondamentales relatives à la physique de l'Univers. Les scientifiques des trois laboratoires ont appris à travailler ensemble avec succès sur des projets collaboratifs, notamment grâce au Labex OCEVU, et l'ambition de l'IΦU est de renforcer encore plus cet aspect dans les années à venir. De plus, les liens forts entre les laboratoires et le large spectre de recherche fondamentale qui y est couvert sont un réel atout non seulement pour la recherche mais aussi pour la formation. En effet,

les étudiants peuvent grandement bénéficier d'être exposés à la richesse de cette façon de penser alliant des approches combinées pour résoudre des problèmes scientifiques, en y étant initiés sous la direction d'experts collaborant au sein d'IΦU qu'ils auront sous la main.

Dans le cadre de ce qui existe au niveau du nouveau Master de Physique et de l'École doctorale, et en y ajoutant au besoin de modules d'enseignements complémentaires (en particulier sur des aspects d'instrumentation, de gestion et de traitement de grandes quantités de données, de modélisation et de simulation), l'IΦU permettra d'élaborer une offre de formation - du master au doctorat - dans une structure cohérente de « Graduate School » directement connectée à la recherche effectuée dans les laboratoires de l'IΦU, clarifiant et donnant plus de lisibilité à l'offre pédagogique, la rendant ainsi plus attractive, y compris à l'international. Conçue pour être un atout, la « Graduate School » s'inscrira harmonieusement dans l'écosystème de la Faculté des Sciences et du Collège Doctoral. Pour cette raison, elle est ancrée au Master de Physique de la Faculté et à l'École Doctorale ED352, mais en mettant en œuvre des spécificités pour que l'ensemble du projet d'IΦU conserve sa cohérence, notamment en ce qui concerne l'internationalisation complète de l'offre de formation.

Une proposition (très préliminaire) d'articulation du pilotage de l'IΦU est esquissée en section 4 dans la Figure 2. Le détail (très préliminaire) de la structuration de l'IΦU à partir et autour du Bureau Exécutif de l'IΦU, est donné dans la figure suivante (Fig. 1).

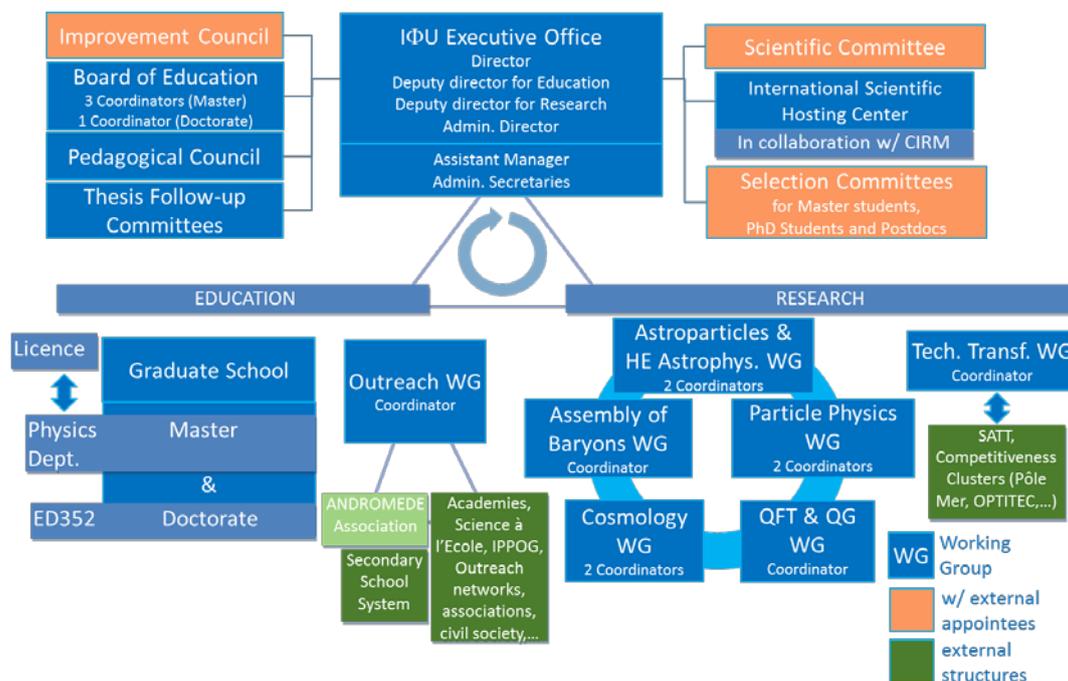


Fig. 1 – Structuration (très préliminaire) des activités de l'Institut

Cette structure met l'accent sur les liens forts et les synergies entre les programmes de Formation (à travers la « Graduate School » et les actions de diffusion scientifique [Outreach]), et les programmes de Recherche et les projets de R&D de l'IΦU, impliquant aussi bien les enseignants-chercheurs, des astronomes que des chercheurs. Le directeur de l'IΦU supervise le fonctionnement de l'Institut et délègue à 2 députés la coordination des parties Formation (« Graduate School » et Outreach) et Recherche (5 groupes de Travail [GT] Science et 1 de Développement et Transfert Technologiques). Le Bureau Exécutif s'appuie sur les conseils de plusieurs conseils et comités. Le directeur rend compte au Comité de Pilotage de l'IΦU (2 fois par an) et à l'Advisory Committee (1 fois par an); Il organise aussi chaque année un atelier général de l'Institut auquel participe la communauté IΦU pour examiner les résultats, les jalons, les objectifs, les perspectives et les moyens d'améliorer les domaines de la formation et de la recherche qu'il couvre.

La répartition des 187 membres du personnel scientifique (107) et technique (80) impliqués dans IΦU est donnée dans le tableau suivant :

Staff positions in IΦU	CPPM	CPT	LAM	TOTAL
AMU	12	21	21	54
Professors (PR)	7	13	2	22
Assistant-Professors (MCF)	4	8	5	17
Astronomers (AST)			6	6
Assistant-Astronomers (ASAD)			6	6
Research Engineers (IGR)	1		1	2
Engineers (IGE)			1	1
CNRS	79	14	40	133
Research Directors (DR)	17	4	7	28
Research Chargés (CR)	12	8	8	28
Research Engineers (IR)	40		18	58
Engineers (IE)	10	2	7	19
<b>TOTAL</b>	<b>91</b>	<b>35</b>	<b>61</b>	<b>187</b>
Staff with HDR	38	35	36	109

**All Faculty Staff, 6 (Assistant-)Astronomers and 6 CNRS Staff are already involved in the existing Master program (M1, SPaCE and P3TMA)**

La comptabilisation de leur contribution s'élève à 88,45 ETP (scientifiques: 63,75, ingénieurs: 24,7). Le nombre important et équilibré de personnel permanent participant aux activités scientifiques de l'IΦU - 40, 33 et 34 - respectivement au CPPM, au CPT et au LAM, témoigne de leur forte motivation et de leur intérêt pour ce projet ambitieux. Le nombre de postes à durée déterminée actuellement dans les équipes impliquées dans l'IΦU est indiqué dans le tableau suivant :

Current term positions	CPPM	CPT	LAM	TOTAL
AMU	21	21	28	70
PhD students	15	17	20	52
Postdocs	6	4	8	18
CNRS	15	1	15	31
PhD students	12		4	16
Postdocs	3	1	11	15
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>43</b>	<b>101</b>

## VOLET RECHERCHE ET TECHNOLOGIE

### RECHERCHE

La recherche au sein de l'IΦU est structurée autour de master-projets (MP) qui sont des programmes de recherche bien identifiés, où une forte collaboration inter-laboratoires est favorisée et a fait ses preuves par le passé, au sein d'OCEVU. Ils correspondent à des développements scientifiques attendus du plus haut intérêt pour la communauté scientifique internationale et justifient ainsi une action forte et cohérente de l'IΦU à travers le financement de projets de recherche spécifiques, pour garantir une visibilité forte de ses équipes.

Basé sur OCEVU, l'IΦU vise à aller encore plus loin dans la structuration initiée par celui-ci: on mettra davantage l'accent sur les programmes développés au niveau international que les équipes de l'IΦU contribuent à mettre en œuvre, afin de bénéficier au maximum de leur exploitation scientifique. Certains projets de recherche spécifiques pourront également associer des équipes du LUPM, du L2C/IFAC (Montpellier) ou de l'IRAP/GAEC (Toulouse) avec lesquelles nous avons développé des collaborations solides et fructueuses au sein d'OCEVU (par ex. sur Euclid, LSST, SVOM, CTA, aspects phénoménologiques de la frontière en énergie du LHC et de la physique des astroparticules, ...).

Le programme de recherche IΦU est organisé en 5 groupes de travail (GT). Chaque groupe de travail comprend 1 ou 2 master-projets (MP), pour un total de 7 députés. Les synergies entre eux permettront également une approche transdisciplinaire, en particulier dans l'étude de la matière noire, de l'énergie sombre et de la physique des neutrinos et des ondes gravitationnelles (en particulier liées à la mission spatiale LISA de l'ESA, qui pourrait être une nouvelle vaste convergence d'intérêts tout à fait unique pour les 3 laboratoires de l'IΦU). **Les thématiques des cinq groupes de travail scientifiques sont les suivantes:**

- La **Physique des Particules**, avec deux master-projets dédiés à la recherche de nouvelle physique à la frontière en énergie (recherche directe) et à la frontière en intensité (recherche indirecte) auprès des collisionneurs actuels et futurs;
- La **Physique des Astroparticules et l'Astrophysique de Haute Energie**, avec deux master-projets dédiés à la compréhension du ciel énergétique et transitoire, ainsi qu'à la matière sombre et la physique des neutrinos ;
- La **Cosmologie**, avec les tests du modèle cosmologique et au-delà avec en particulier les grands projets futurs de sondage de l'Univers;
- **L'Assemblage des Baryons** : comment la matière s'assemble à toutes les échelles, depuis les premières étoiles jusqu'aux structures actuelles ; en lien étroit avec les Astroparticules, l'Astrophysique des Hautes Energies et la Cosmologie
- **Fondements de la Théorie Quantique des Champs et de la Gravité Quantique** : faire avancer la compréhension des idées clés et la résolution des questions ouvertes contemporaines en physique fondamentale et développer des outils théoriques qui puissent aussi aider à formaliser et mieux appréhender les problématiques des quatre autres groupes de travail.

Le financement des projets de l'IΦU se fera de manière similaire à celle utilisée et qui a fait ses preuves dans le Labex OCEVU. La sélection et le niveau d'allocation des ressources (fonctionnement [missions ; tickets d'accès aux données de certaines expériences, gratifications de stagiaires, scientifiques invités,...] et masse salariale [doctorants, post-doctorants, CDD ingénieur]) sera assurée à travers des appels à propositions annuels supervisés et traités par le Comité de Pilotage et le Comité Scientifique de l'IΦU conformément aux recommandations de l'Advisory Committee.

80% de ces ressources disponibles pour la recherche de l'IΦU seront consacrées à des projets pluriannuels au sein des master-projets; les 20% restants seront consacrés à des projets sur les sciences des données (pour relever les défis des projets nouveaux et futurs du périmètre scientifique de l'IΦU liés à l'informatique, à la gestion et au traitement des données) et des projets pour encourager l'émergence d'idées nouvelles, innovantes ou risquées.

Les doctorants (ne provenant pas du Master de la « Graduate School ») et les post-doctorants seront recrutés sur des appels à candidatures dans le cadre des programmes doctoral et postdoctoral internationaux de l'IΦU. La sélection sera supervisée et traitée par des comités de sélection. Les 5 Groupe de Travail Science seront dirigés par des coordinateurs dont le rôle comprend, outre la coordination et l'animation scientifiques du groupe, la promotion de et l'incitation à la levée de fonds par « effet de levier » pour les projets de leur groupe par le biais de l'ANR, de l'Europe, des ERC, etc...

## CENTRE INTERNATIONAL DE RENCONTRES SCIENTIFIQUES

L'objectif d'IΦU est également d'être internationalement attractif pour les scientifiques de haut niveau, en leur fournissant un environnement scientifique et de vie d'excellence, avec l'ambition de devenir un institut KAVLI. En partenariat avec le CIRM (<http://www.cirm-math.com>), il accueillera:

- des scientifiques invités pendant une semaine à quelques mois pour rencontrer des collègues de l'IΦU et du monde entier et discuter des dernières avancées, dans un environnement agréable et collaboratif
- des ateliers ou des colloques thématiques sur des questions et des thèmes importants pour l'IΦU
- de longs séjours d'experts nationaux et internationaux pour travailler avec des collaborateurs locaux
- en raison de la possibilité d'enregistrement vidéo: des contributions de ces visiteurs à des cours doctoraux, des conférences grand public et à de la diffusion scientifique seront aussi considérées et encouragées

Ce dispositif d'accueil pourra aussi permettre d'initier ou de consolider des collaborations internationales entre l'IΦU et des laboratoires d'Universités étrangères. L'IΦU œuvrera à s'inscrire au mieux en cohérence avec la politique et les priorités de développement des relations internationales d'AMU et à les renforcer. Si pertinentes, des collaborations émergentes pourront alors faire l'objet d'une proposition d'accord de coopération entre AMU et les Universités étrangères concernées. Il est à noter que les laboratoires d'IΦU

sont assez proactifs sur le plan des collaborations internationales, et par exemple, à suite à leurs propositions, et pour n'en citer que quelques-unes, des accords de coopération entre AMU et l'Université Autonome de Barcelone, l'Université de Bucarest, l'USTC (Hefei, Chine), l'UNAM au Mexique et l'Universidad de Los Andes (Bogota, Colombie) ont été signés.

Les laboratoires de l'IΦU sont aussi très impliqués dans des structures de coopération internationales CNRS telles que, aussi pour n'en citer que quelques-unes : l'IRN Terascale, les LIA FCPPL (France-China Particle Physics Lab) avec la Chine et ERIDANUS (ExploRIng the Deep and traNsient UniverSe) avec le Mexique, tous deux initiés par des laboratoires d'IΦU. L'IΦU œuvrera à soutenir ces actions structurantes au niveau international et participera aussi activement au projet d'une UMI venant en complément et appui du LIA FCPPL pour les expériences et développements de son périmètre scientifique nécessitant des séjours de longue durée en Chine.

## TRANSFERT TECHNOLOGIQUE

Les actions interdisciplinaires vers le monde socio-économique seront encouragées et renforcées au cours du développement de l'IΦU, géré par son GT Développement et Transfert Technologiques. Certains projets ou actions initiaux seront démarrés lors de la création de IΦU, si un financement peut être obtenu:

- Développement de détecteurs de pixels innovants pour l'imagerie X en liaison avec CERIMED mais aussi CEA / Cadarache (instrumentation pour les réacteurs de fusion: WEST et ITER)
- Développement d'une architecture innovante pour l'acquisition et le traitement de données volumineuses et à haut débit
- Développement de connexions sous-marines innovantes avec une fiabilité améliorée et un coût inférieur à celui disponible sur le marché (qui pourrait ensuite être utilisé sur KM3NeT)
- Développement de détecteurs IR en collaboration avec le Labex FOCUS et SOFRADIR/LETI
- Participation à la mise en œuvre du Laboratoire commun (Labcom) entre LAM et THALES
- Environnement marin (avec MIO [océanologie; <http://www.mio.univ-amu.fr/>] et LSIS [bioacoustique; <http://www.lsis.org/>]) dans le cadre de KM3NeT/EMSO
- Renforcement du lien avec les Pôles interdisciplinaires et intersectoriels d'AMU (PR2I)
- Participation aux initiatives des pôles de compétitivité: par ex. SEALAB Innovation Center et System Factory, OPTITEC, ...

## EQUIPEMENTS ET PLATEFORMES

Pour que nos laboratoires restent à la pointe de la conception, de la construction et des tests des détecteurs et des instruments, un certain nombre d'équipements et de mises à niveau de plateformes sont nécessaires. L'IΦU sera vigilant à faire en sorte de d'aider à financer ou à trouver les sources de financement nécessaires, d'autant que ces équipements et plateformes peuvent être également pour certaines d'entre eux outils de formation vraiment uniques pour les étudiants de la « Graduate School » de l'IΦU.

En plus des divers équipements et plateformes mis en place dans le cadre du Labex OCEVU (voir la section « Structure Fédérative Antérieure – Labex OCEVU » plus haut), il peut être utile de rappeler ici les plateformes et équipements lourds développés par le :

- CPPM : Laboratoire d'accueil de KM3NeT/ORCA (ESFRI et feuilles de route nationales des Infrastructures de Recherche). La caractérisation des détecteurs infrarouges de l'expérience Euclid a nécessité l'installation d'une salle blanche dédiée (ISO7 - ISO5) équipée de deux cryostats spécialement conçus pour la caractérisation des détecteurs de vol. Informatique intensive: projet commun M3AMU avec le mésocentre AMU (HPC) et CPPM (Grille [partie Tier2 de WLCG] + Cloud) pour offrir l'accès de ces 3 modalités via le middleware DIRAC à l'ensemble de la communauté de recherche AMU. Grande chambre noire pour tester après intégration les lignes de détection des neutrinos des projets ANTARES et maintenant KM3NeT. Salles propres pour la microélectronique, l'intégration de détecteur et les mesures 3D. Salle spécialement conçue pour permettre l'utilisation de sources radioactives non scellées pour l'imagerie des petits animaux.

- LAM : Instrumentation spatiale et terrestre, plateformes techniques: LAM dirige le développement de l'instrument NISP / EUCLID et contribue au segment sol des missions EUCLID, SVOM, PLATO, CHEOPS. Il développe également des instruments et des logiciels pour les installations au sol, par ex. PFS / SuMIRe, DESI et HARMONI et MOSAIC pour l'ELT. LAM exploite deux installations techniques majeures: l'une pour l'assemblage, l'intégration et les essais dans l'environnement spatial, l'autre pour le polissage et la métrologie des miroirs. Les installations phares sont une cuve à vide de 90m<sup>3</sup> et refroidi au LN2 (ERIOS) et une polisseuse de miroirs de 2,5 m de diamètre. Disponibilité de 1000m<sup>2</sup> de salles blanches ISO 5, 7 et 8. Centre de données CESAM: Le CeSAM est dédié à la production et à la diffusion de données astrophysiques. Il développe de nouveaux algorithmes de traitement de données, met en œuvre des pipelines de traitement de données et met des données à disposition via des bases de données dédiées connectées à l'Observatoire Virtuel.

## VOLET FORMATION – GRADUATE SCHOOL

L'objectif de l'IΦU est d'offrir une formation pluridisciplinaire à très forte visibilité internationale sur l'étude de la Physique de l'Univers en tirant parti de la synergie des trois laboratoires de recherche internationalement reconnus auquel il s'adosse, Le Centre de Physique des Particules (CPPM), le Centre de Physique Théorique (CPT) et le Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM). Cette formation est fondée sur le modèle de « graduate school » (Master-Doctorat) afin de renforcer le lien formation/recherche et de transmettre les expertises du site AMU dans le domaine passionnant et attractif de la Physique de l'Univers. L'IΦU fera émerger une « graduate school » d'excellence, visible à l'international, nourrissant l'attractivité d'AMU. L'IΦU a pour but de former des scientifiques de haut niveau dans une approche interdisciplinaire pour l'étude de la Physique de l'Univers (théorique, observationnelle, et multi échelle - les deux infinis, instrumentation de pointe).

## ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT

### AU NIVEAU MASTER

L'IΦU prendra appui sur la nouvelle offre de formation du Master de Physique d'Aix-Marseille Université (parcours de Physique Fondamentale « FunPhys ») qui débute en septembre 2018, en se basant sur l'expérience des masters P3TMA et SPACE, dont les labels A\*MIDEX d'Académie d'Excellence arrivent à échéance en août 2018. Ces spécialités de Master qui s'appuyaient spécifiquement sur les trois laboratoires porteurs ont été refondues dans un parcours « Physique » plus large (FunPhys) englobant également la Fusion et un ancrage sur des systèmes complexes avec l'Institut Convergence CenTuri. Les équipes pédagogiques des Unités d'Enseignement (UE) enseignant les bases pour comprendre la Physique de l'Univers sont principalement issues de ces laboratoires, ce qui assurera une cohérence de l'ensemble.

Afin d'attirer les meilleurs étudiants nationaux et internationaux passionnés par les Sciences de l'Univers, dans un contexte international et national très compétitif, l'IΦU mettra en place des bourses de mobilité entrante et d'installation. L'attribution de ces bourses au mérite devrait attirer les meilleurs étudiants (externes ou internes à AMU) grâce à un appel à candidatures lancé au niveau d'IΦU via FunPhys. Afin de tendre vers un équilibre paritaire de genre au sein de la formation, une attention particulière sera portée à l'attribution de bourses sur critère d'excellence aux étudiantes. Les processus de sélection seront établis et se dérouleront au sein du conseil de gouvernance d'IΦU en lien étroit avec le Master de Physique.

Les étudiants en Master retenus par l'IΦU recevront, autour des enseignements fondamentaux du parcours FunPhys déjà orientés Physique de l'Univers, une formation complémentaire, constituée d'enseignement dédiés, afin de conduire ces étudiants au doctorat et favoriser une insertion professionnelle de qualité.

Des pédagogies innovantes seront mises en place, afin de développer l'autonomie, le travail en équipe et la capacité des étudiants à conduire un projet de recherche. L'apprentissage par projets, introduit dans certaines unités d'enseignement centrées sur les thèmes de la graduate school, développera l'esprit d'équipe et d'initiative et mettra les étudiants au contact des laboratoires et des équipes de recherche, via leurs superviseurs. La présentation orale, publique, de leurs résultats les formera activement aux communications dans leur futur métier.

Des possibilités d'auto-évaluations via le numérique seront également proposées aux étudiants afin de les aider à vérifier de façon régulière leurs acquis de connaissance. Celles-ci seront proposées sous forme de questionnaires à choix multiples ou d'exercices d'application directe des cours.

L'immersion des étudiants au sein des laboratoires, garante de leur apprentissage professionnel et du développement de leur motivation, se fera tout au long de leur Master. Dès le M1, les étudiants travailleront en interaction directe avec la communauté scientifique de l'IΦU. Cette immersion sera soutenue par le financement de gratifications de stages pour les étudiants méritants au sein des laboratoires d'IΦU. L'implication des chercheurs et des ingénieurs du CNRS dans la formation des étudiants sera valorisée. Cette alternance formation/recherche comme valeur ajoutée au Master, se fera aussi par le biais de séjours d'observation financés par l'IΦU au sein de l'Observatoire de Haute Provence, le financement de visites de grands équipements tels le CERN ou Virgo.

Les étudiants seront également incités à former et/ou participer à des « clubs » scientifiques et à participer aux actions de diffusion scientifique de l'Institut, notamment au travers de l'UE de « veille scientifique » mise en place au sein même du parcours FunPhys. Ces actions seront un moyen d'attirer également de bons étudiants du parcours FunPhys vers les thématiques portées par IΦU. Le parcours FunPhys offre la possibilité à l'IΦU d'offrir des UEs créditées de niveau doctoral qui pourront être spécifiques sur les questions ouvertes et les grands sujets dans le domaine de la Physique de l'Univers et d'ouvrir aux aspects recherches en cours. L'appui d'IΦU au programme de Master aura non seulement vocation à alimenter le programme doctoral d'IΦU ou de l'ED352, mais également pourra servir de vitrine pour placer les étudiants de FunPhys en thèse à l'extérieur, en particulier, avec les partenaires d'IΦU et d'AMU.

Outre un enseignement dispensé en Anglais (ouverture internationale) dès la première année, l'IΦU contribuera à l'internationalisation du parcours FunPhys, dès la première année du Master, en étant proactif au niveau de l'établissement de double-diplôme en partenariat international (DPI) au niveau master / cotutelles de thèse dans le cadre de partenariats internationaux autour des thèmes de la Physique de l'Univers. En particulier, dans le cadre de la mise en place du Campus transnational Nord-Méditerranéen, les quatre universités partenaires ont ciblé, entre autres, « Physique et Astrophysique » comme l'un des sept domaines disciplinaires communs, domaine auquel contribuera fortement l'IΦU. Notons que d'autres partenariats internationaux ont déjà été établis dans le cadre de la recherche ou des académies d'excellence et seront renforcés. L'IΦU aidera à la mobilité sortante en offrant la possibilité aux étudiants d'aller en stage ou de suivre des formations complémentaires dans des universités étrangères partenaires (DPI) ou laboratoires partenaires afin de renforcer le rayonnement international d'AMU grâce à l'IΦU.

Le LAM et le CPPM sont organisés autour de grands projets de leurs disciplines, incluant la conception et le développement d'instruments dédiés. Afin de nourrir ce thème, la graduate school souhaite proposer des UEs spécifiques permettant aux étudiants d'acquérir une double compétence. Cette orientation pourrait évoluer à terme en un parcours à vocation instrumentale pour former des étudiants au profil très recherché « d'instrument scientist ». Ce parcours pourra être adossé à d'autres formations d'AMU également à vocation instrumentale, et attirer des étudiants intéressés par cette double compétence (instrumentation et recherche). Cette double compétence thématique et technique est cruciale pour la recherche en Physique de l'Univers. De plus cette formation de haut niveau possède un lien fort avec le milieu socio-économique permettant une insertion facilitée pour les étudiants qui la possèdent. Les enseignements seront dispensés par les chercheurs et les ingénieurs des laboratoires qui possèdent cette compétence ainsi que par les ingénieurs des sociétés privées qui collaborent, dans le cadre des développements instrumentaux, avec les laboratoires. Ce dernier point est particulièrement intéressant dans le cadre de la thématique « Recherche et Développement » pour laquelle ces sociétés privées sont particulièrement intéressées par un partenariat étroit avec le monde académique. Cela peut ouvrir sur des contrats doctoraux ciblés, en co-tutelles, favorisant naturellement l'insertion socio-professionnelle.

Le parcours d'excellence IΦU pourra être valorisé par une labellisation, pouvant être soit une mention spécifique du diplôme du master, soit par l'attribution d'un Diplôme d'Etablissement crédité des enseignements, projets et stages propres à l'IΦU.

---

## LIEN MASTER/DOCTORAT

Les deux années de Master sont conçues pour que les étudiants acquièrent les compétences et les outils nécessaires leur permettant de mener à bien un projet de recherche ambitieux. Des contrats doctoraux seront financés par l'Institut sur la base du mérite pour les meilleurs étudiants de la Graduate School, en complément de ceux de l'ED352, pour une meilleure continuité entre le Master et le Doctorat. Les sujets de doctorat éligibles à l'IΦU sont ceux proposés en synergie entre les laboratoires porteurs visant à renforcer leur fort potentiel scientifique. Des contacts ont été pris et des discussions engagées avec le Directeur de l'École Doctorale (ED 352) dont nos trois laboratoires (CPPM, CPT et LAM) dépendent. Notre volonté est de demeurer au sein de l'ED 352 avec la possibilité d'y créer un « Programme Physique de l'Univers », et de proposer et financer des cours doctoraux supplémentaires poursuivant la synergie des recherches en Physique de l'Univers qui sont une spécificité forte du site.

Le parcours individuel de chaque étudiant sera fondé sur le développement de compétences et d'autonomie, le travail en équipe, le développement du sentiment d'appartenance, et une interaction forte entre les étudiants des différentes années du parcours avec les enseignants-chercheurs et chercheurs intervenant dans l'Institut. Des séances de 'hackathon' seront mises en place afin de développer un esprit collaboratif d'équipe pour résoudre une question particulière donnée, dans un contexte de saine émulation et de compétition collaborative au sein d'une promotion. Le sentiment d'appartenance sera renforcé par des actions spécifiques favorisant l'interaction inter-promotion du type atelier master/doctorant.

Des Ecoles d'Été masters/doctorants ainsi que des « Master Classes » seront organisées au sein de l'IΦU, avec invitation de conférenciers de renommée internationale. Les écoles seront également un moyen d'attirer de bons étudiants extérieurs dans le programme doctoral ou de futurs post-doctorants de l'IΦU.

---

## POUR LA PARTIE DOCTORAT

Trois années de doctorat sont ensuite dédiées à la recherche conduisant au diplôme de Doctorat. Pendant ces années, des cours doctoraux ainsi que des écoles thématiques seront dispensés pour compléter la formation et les compétences des doctorants sur des thématiques scientifiques spécialisées IΦU et/ou professionnalisantes. Ces cours doctoraux seront ouverts à tous les doctorants de physique et étudiants de master, dans le cadre du parcours FunPhys du master de physique. Le but de ces cours sera de favoriser une approche pluridisciplinaire des questions abordées afin d'élargir au maximum le spectre de connaissance des étudiants inscrits dans ce parcours, et aussi de stimuler les interactions étudiants/chercheurs dans les thématiques d'IΦU.

La formation dispensée doit garantir l'intégration socio-professionnelle (académique ou privée) des étudiants. Ce but sera atteint par le développement de connaissances et de compétences à la pointe des développements actuels, au travers d'un lien étroit entre les étudiants et les laboratoires de recherche dans lesquels ils sont formés, ces laboratoires couvrant un large domaine de compétences (de la physique théorique au développement instrumental pour les grands projets de la discipline). Une attention particulière sera portée à l'intégration des étudiants dans le monde socio-économique à l'aide de séminaires et de formations adaptées. Les industriels liés aux thèmes portés par la formation d'IΦU seront sollicités afin de découvrir les travaux réalisés par les étudiants lors de séminaires de rencontres dédiés.

Les sujets de doctorat proposés par l'IΦU devront servir les propos fondateurs de l'Institut à savoir : une synergie entre les différents laboratoires sur des sujets majeurs de la discipline et le rayonnement du site. Les thèmes de recherche transverses conduisant à une approche élargie des grandes questions actuelles seront favorisés. Le but de ces contrats sera de permettre une recherche d'excellence à fort impact scientifique permettant le rayonnement de l'Institut et de l'Université. Ces contrats doctoraux viendront s'ajouter à ceux proposés par l'école doctorale, en parfaite symbiose de traitement (sélection des étudiants, niveau exigé, auditions des candidats). Les bourses de doctorat de l'IΦU seront attribuées sous contrôle de l'ED 352. Les contrats doctoraux seront accompagnés d'un budget de mobilité pour l'étudiant afin d'augmenter leur attractivité et d'accroître la diffusion et l'impact des travaux réalisés par les doctorants. Les contrats doctoraux proposés seront ouverts tant au recrutement à l'international qu'au sein du Master de Physique parcours FunPhys. Les sujets transverses inter-laboratoires (CPT, CPPM, LAM) seront privilégiés afin de favoriser les collaborations entre les équipes de recherche, et une attention particulière sera portée à

l'attribution de bourses aux doctorants. L'IΦU demandera la labellisation d'un programme « Physique de l'Univers » comme parcours doctoral identifié au sein de l'ED352.

## FORMATIONS CONNEXES A L'IΦU

La Summer School OCEVU à destination des étudiants de L2/L3 sera poursuivie et étendue, avec une implication forte des doctorants relevant de l'institut. Des possibilités de stages de Licence seront offertes dans nos laboratoires pour des étudiants motivés afin de les attirer dans l'offre de formation FunPhys et les thématiques soutenues par IΦU. Enfin, l'IΦU apportera un soutien au lien avec le secondaire (plateformes IRiS et ePERON) développé dans le cadre d'OCEVU, avec une participation active des étudiants de la Grad School.

Un site numérique dédié, utilisant la plateforme existante d'AMU, Ametice, sera développé pour diffuser le matériel pédagogique créé pour les écoles thématiques/summer schools, les cours de l'ED, et auprès des étudiants.

## ACCUEIL ET ENCADREMENT DES ETUDIANTS

L'aide logistique apportée à l'accueil des étudiants contribue, de façon importante, à l'attractivité du site et du programme. Ainsi, les étudiants sélectionnés par l'IΦU bénéficieront d'un accompagnement dédié pour l'accomplissement de leur parcours académique au sein du Master de Physique. Ils bénéficieront d'un accueil lors de leur venue, ainsi que du soutien d'un personnel administratif afin de faire le lien avec les services existants (DRI, CROUS, scolarité, OFII, Sécurité Sociale, banque, ...) tout au long de leur parcours. Cette assistance est indispensable au bon accueil des étudiants étrangers, primo-entrants sur AMU. Chaque étudiant bénéficiera dès le M1 de l'encadrement personnalisé d'un référent (office hours, etc...), pour le suivre et l'épauler dans la construction de son curriculum et de son projet personnel.

## QUALITE ET COMMUNICATION

Il existera au sein d'IΦU un programme de communication large sur les thématiques « recherche et formation » proposées par l'IΦU (site internet dédié référencé à l'international, carnet d'adresses international, réseau des laboratoires, sites campus France et ambassades, salons de recrutement, fête de la science...).

Une démarche de suivi de qualité et d'amélioration continue des enseignements et du cadre général d'IΦU sera mise en place. Les enseignements seront systématiquement évalués par les étudiants et des retours seront faits au comité pédagogique de l'IΦU et au Comité de Perfectionnement du Master de Physique. L'équipe pédagogique garantira le contrôle, le suivi, la cohérence et l'évolution de la qualité de la formation.

Une base de données d'anciens élèves sera créée, incluant leur devenir professionnel, les possibilités de stages en laboratoire universitaire ou en entreprise, en utilisant les réseaux sociaux. Ce réseau des anciens (Alumni) sera développé en synergie avec celui d'AMU.

La valorisation de l'institut (promotion des résultats de recherche et diffusion des indicateurs d'excellence) sera également organisée à travers un support de communication dédié (page web et publication d'une lettre d'information, en anglais, largement diffusée, en particulier à l'international dans les universités et les laboratoires de recherche en lien avec la discipline).

## VOLET DIFFUSION ET MEDIATION SCIENTIFIQUES

Contexte et objectifs: poursuivre la dynamique ambitieuse initiée dans le cadre de l'OCEVU, afin de diffuser les recherches menées par les équipes de l'IΦU et de tisser des liens multiples entre les lieux de production de la science et la société (éducation, formation des enseignants, institutions, le grand public,...) par:

- Mise en place des plateformes éducatives: doter les enseignants dans leurs salles de classe d'outils innovants permettant la pratique de la science contemporaine autour de la Physique de l'Univers
- production de ressources: multimédia, expositions
- organisation d'événements/actions

Le groupe de travail Diffusion et Médiation Scientifique (composé d'un coordinateur [financé par IΦU ou recruté pour IΦU] et des chargés de communication des laboratoires partenaires) sera chargé de mettre en œuvre des actions pour atteindre ces objectifs, et de soutenir dans leurs efforts de diffusion scientifique les grands projets dans lesquels les laboratoires IΦU ont un rôle majeur (Euclid, LSST, DESI, KM3NeT, SVOM / GFT, CTA, ATLAS, LHCb, ...).

L'IΦU soutiendra et étendra le lien avec les écoles secondaires initiées dans OCEVU, avec une participation active des étudiants de la « Graduate School », en s'appuyant sur l'expérience acquise avec les 2 plateformes pédagogiques suivantes:

- IRiS, le télescope professionnel télécommandé pour l'éducation à l'OHP: Développer le lien entre recherche et éducation: mise en place de programmes scientifiques participatifs (exoplanètes, étoiles variables, supernovae) ; Former les enseignants qui l'utiliseront avec leurs élèves en classe ; Installer un autre télescope "IRiS" et un spectromètre à l'Observatoire de San Pedro Martir au Mexique, pour permettre l'observation en temps réel par les classes pendant la journée en France, et inversement
- e-PERON: laboratoire virtuel sur la physique des rayons cosmiques avec des expériences installées à l'OPM accessibles depuis une interface web (sélection et récupération des données) : Partenariat avec "Cosmos à l'Ecole" sur la formation des enseignants ; Développer une collaboration avec OPM Museum sur la visualisation des données

L'IΦU prévoit de développer la culture scientifique autour du télescope SVOM Ground Follow-up Telescope (COLIBRI) à travers un programme scientifique participatif d'exploitation de ses données par un large public et des ressources innovantes avec le projet interstellarium: fenêtres virtuelles issues des moyens de communication habituels (flyers, web) vers notre univers de recherche (itv de chercheurs, équipements, science); production de ressources de réalité augmentée et d'animations pour des voyages immersifs sur la Physique de l'Univers (cosmologie, astroparticules, astrophysique, physique des particules); Visuels 3D projetés sur une pyramide holographique servant de ressources de communication pour nos laboratoires

Pour étendre encore sa portée et son impact en termes de diffusion et médiation scientifique, l'IΦU renforcera ses liens avec l'association Andromède (<http://andromede.id.st>), voire l'intégrera, de manière à devenir un lieu privilégié de la diffusion scientifique de l'IΦU et un catalyseur pour le lien entre les recherches menées à AMU (en Physique de l'Univers étendue aux sciences connexes), le monde enseignant et le grand public, offrant des espaces d'expositions, d'animation et de formation (enseignants, doctorants et acteurs de la médiation scientifique). Des discussions devront être menées avec les différentes parties sur le nouveau statut que cette structure pourrait avoir et la nature de ses liens avec IΦU et AMU.

Sur le front Art/Science, avec le Centre International de Recherche sur le Verre et l'Art (CIRVA), IΦU mettra en place une collaboration entre un artiste et une équipe de chercheurs pour produire une œuvre d'art. Avec le projet «Binôme», IΦU produira une pièce de théâtre issue de l'interaction d'un auteur avec un de ses scientifiques; la première représentation de la pièce serait présentée au Festival d'Avignon.

## 4. PILOTAGE

Le pilotage de l'IΦU reste encore à finaliser avec la gouvernance d'AMU. Il est envisagé de le bâtir sur le modèle proposé par A\*MIDEX pour la gouvernance des EUR.

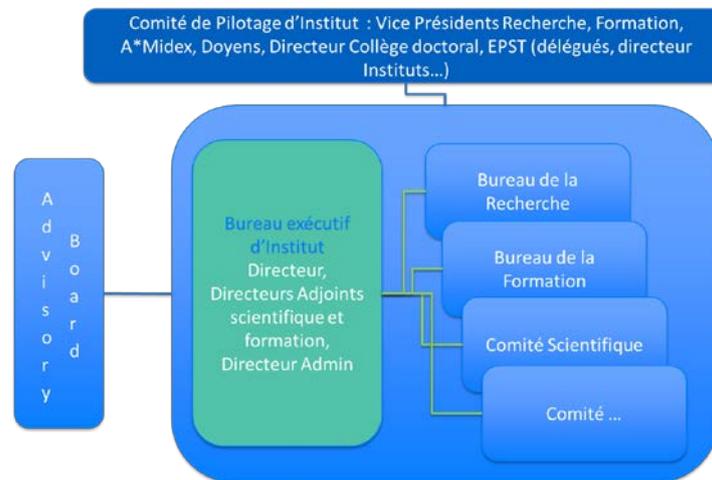


Fig. 2 – Proposition (très préliminaire) de pilotage de l'Institut

**Bureau Exécutif d'Institut** : composé du Directeur, des Directeurs Adjointes scientifique et formation, du Directeur Administratif de l'Institut ; mise en œuvre de la stratégie de l'Instituts en formation et recherche. Il répond devant le Comité de Pilotage et les Bureau de la Recherche et de la Formation ; fournit au Comité de Pilotage un rapport d'activité annuel et un projet pour l'année n+1 qui doit être validé par le CoPil.

**Comité de Pilotage de l'Institut** : assure suivi, validation de la mise en œuvre de la stratégie de l'Institut, la cohérence avec la politique de site en recherche et formation; se réunit deux fois par an

**Advisory Board** : composé d'experts en formation et recherche externes au site d'Aix-Marseille qui donnent un avis sur la stratégie de l'Institut; se réunit 1 fois par an. Quatre physiciens de très haut niveau (dont 2 prix Nobel de physique) ont déjà accepté d'y siéger: Abhay ASHTEKAR, Gerard 't HOOFT, Peter JENNI, Saul PERLMUTTER.

**Bureau de la Recherche** : Directeurs d'unités (CPPM, CPT et LAM), Vice-doyen recherche UFR Sciences

**Bureau de la Formation** : Vice-Doyen formation de l'UFR Sciences, Directeur du département de Physique, Directeur de l'ED 352. Ces deux bureaux se réunissent 1 fois par mois avec les membres du Bureau Exécutif.

**Autres comités** (voir Fig 1.)



# INSTITUT DE PHYSIQUE DE L'UNIVERS

REPONSES AUX DEMANDES D'AMIDEX

## Retour AMIDEX général

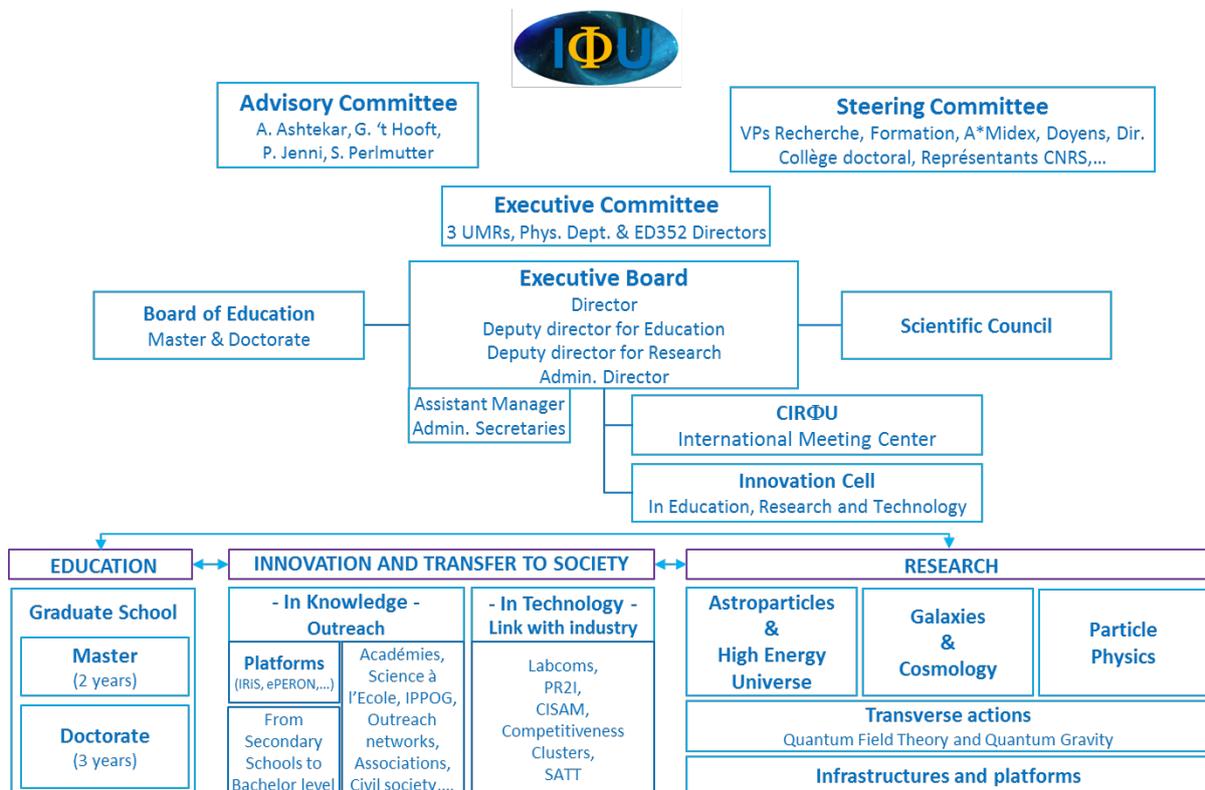
Le projet doit :

- être mieux structuré

Réponse :

L'objectif de l'IΦU est de constituer et mettre en œuvre une structure collaborative offrant un environnement scientifique de tout premier plan consacré à la Physique de l'Univers et intimement connecté à une offre de formation de qualité internationalisée et innovante.

La structuration des activités et de la gouvernance de l'IΦU pour y parvenir est décrite dans le diagramme et les paragraphes ci-dessous :



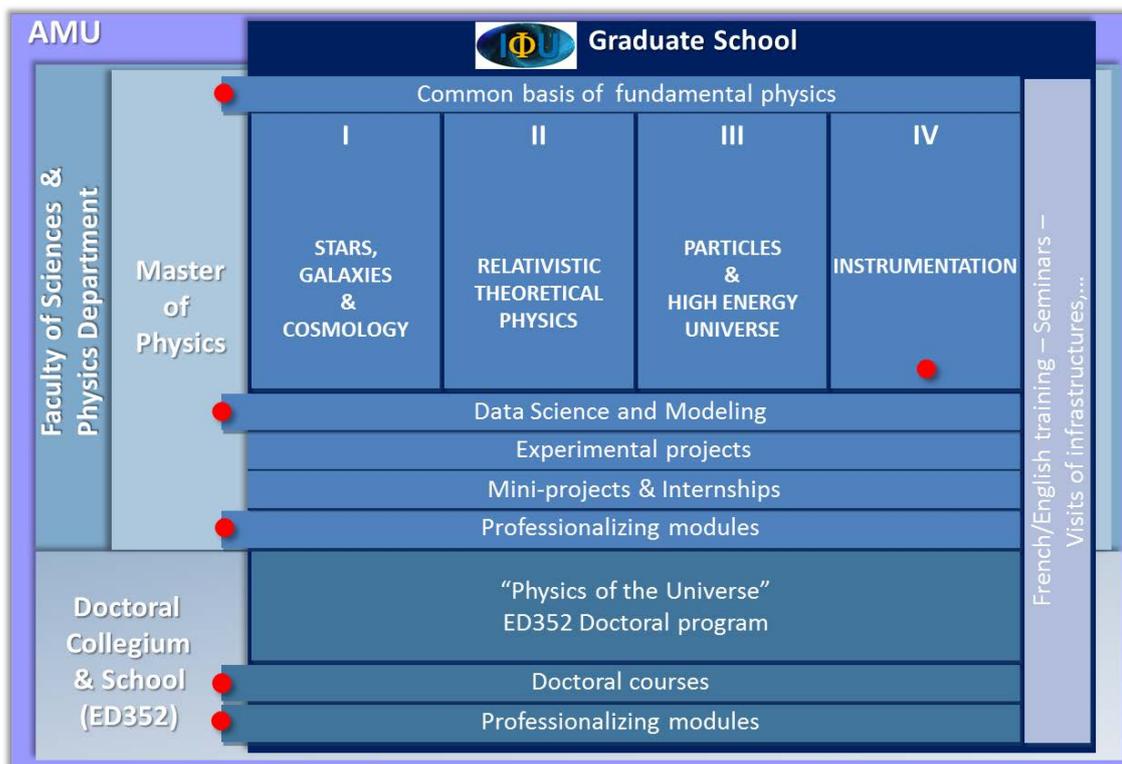
- **Au niveau recherche**, l'institut est organisé autour de **3 Groupes de Travail Science (GTS)** et des **actions transverses** qui permettent d'aborder d'une manière cohérente la Physique de l'Univers et donc de pouvoir efficacement se positionner pour répondre aux grandes questions identifiées par la communauté scientifique nationale et internationale. Ces groupes et actions sont en correspondance directe avec les

orientations du programme de formation de la « Graduate School » décrite par la suite. Les 3 groupes sont :

- « **Physique des Particules** », consacré à la recherche de nouvelle physique à la frontière en énergie (recherche directe) et à la frontière en intensité (recherche indirecte) auprès des collisionneurs actuels et futurs
- « **Astroparticules et l'Univers à Haute Energie** », consacré à la compréhension du ciel énergétique et transitoire, à la résolution de la problématique de la matière sombre ainsi qu'à la physique des neutrinos
- « **Galaxies et Cosmologie** », consacré à la compréhension de l'assemblage de la matière à toutes les échelles (des étoiles aux galaxies et aux grandes structures), à sa composition en matière et énergie sombre, à la formation des premières étoiles et des galaxies, ainsi qu'aux tests de modèles cosmologiques

auxquels viennent s'adjoindre des **actions transverses** en théorie quantique des champs et gravité quantique. Elles sont naturellement essentielles pour assurer la cohérence des recherches effectuées dans les GTS et les confronter aux modèles « standard » de la cosmologie et de la physique des particules ainsi qu'à leurs extensions.

- **Au niveau enseignement**, l'institut est structuré autour d'une « Graduate School » offrant aux étudiants un programme consacré à la « Physique de l'Univers » complètement internationalisé allant du Master au Doctorat. Il est ancré sur l'existant Master du Département de Physique et de l'ED352, complété par des spécificités liées aux domaines de recherche de l'IΦU. Il est décliné en 4 orientations de base en étroite connexion avec les thématiques de recherche des GTS, et en enseignements transverses (science des données, modélisation, modules professionnalisant, langues,...)



● (partly) shared with other curricula in Phys. Dept. and/or ED352

- **Au niveau Innovation et lien avec le monde socio-économique**, les activités de l'IΦU sont structurées en deux volets – Savoirs et Technologies – en lien avec la **Cellule Innovation** qui assurera au sein de l'Institut la détection, la promotion et l'aide à la mise en œuvre de projets innovants en Formation, Recherche et Technologie associées.
- L'accueil de scientifiques, ingénieurs de recherche et enseignants de haut niveau invités dans le cadre des activités de l'Institut sera promu, facilité et géré par son **Centre International de Rencontres de Physique de l'Univers (CIRΦU)** qui sera développé en partenariat avec le CIRM (Centre International de Rencontres Mathématiques).

- 
- mettre plus en valeur les points forts de l'institut et pas simplement l'addition de l'excellence des trois unités de recherche constituantes
  - décrire en quoi l'institut est créateur de valeur

### Réponse :

L'IΦU n'est pas la simple agglomération de compétences et a pour profonde ambition de créer et maintenir une synergie très forte entre les équipes des trois laboratoires. Pour cela l'institut s'inscrit dans le même esprit que le Labex OCEVU dont le succès a été reconnu par les différents comités d'évaluation. La cohérence et l'originalité sur un même site universitaire de cette démarche collaborative appliquée aux objectifs scientifiques que nous poursuivons avec des points de vue complémentaires, va nous permettre aussi de prendre des engagements encore plus ambitieux dans les grands projets internationaux de nos domaines et ainsi de contribuer à consolider et amplifier autant l'attractivité que le rayonnement du site à l'international.

Cet esprit est fondamentalement dicté par le fait que nous avons parfaitement conscience que nous sommes plus forts ensemble que séparément, et ce pour les raisons suivantes :

- Pouvoir faire des avancées majeures dans le domaine de la Physique de l'Univers nécessite une convergence et mise en commun de compétences dans les disciplines de physique théorique, astrophysique observationnelle et physique expérimentale qui sont toutes trois présentes au sein de nos laboratoires au niveau d'excellence requis. Ces trois aspects réunis sur un même site avec la volonté d'une démarche commune sont une richesse assez unique non seulement pour les recherches mais aussi pour la formation des étudiants de la « Graduate School ».
- Nous maîtrisons et sommes reconnus internationalement dans le développement, la construction et la mise en œuvre de technologies observationnelles et expérimentales. La complémentarité des services, plateformes et compétences techniques et informatiques du CPPM et du LAM est un atout majeur pour l'Institut et nos laboratoires. La mise en commun des ressources et des accès techniques et

informatiques permet d'en optimiser l'utilisation et la disponibilité et ainsi de prendre des responsabilités encore plus ambitieuses dans les projets futurs de nos domaines.

- Entre les 3 laboratoires travaillant de concert, nous couvrons les approches théoriques, observationnelles et expérimentales de la « Physique de l'Univers », ainsi que tous les aspects de la cosmologie et presque tous ceux de l'astrophysique multi-messager : avec tout le spectre électromagnétique, des ondes radio aux rayons gamma, mais aussi les neutrinos, et très bientôt les ondes gravitationnelles, par une implication combinée dans la mission spatiale LISA de l'ESA que l'Institut permettra de faciliter et de soutenir pour en faire une contribution collective majeure.

Cette démarche collaborative mise en œuvre par l'Institut entre nos 3 laboratoires sera un terrain fertile pour créer de nouvelles connaissances et compétences, et favoriser la cohésion et l'évolution de nos recherches interdisciplinaires, mais aussi des formations proposées au sein de la « Graduate School ».

La favorisation de l'émergence de nouvelles idées en lien avec l'accueil à l'international de scientifiques, enseignants et ingénieurs de haut niveau au sein du CIRΦU qui sera conçu comme plateforme propice à la pensée « outside the box, beyond the frontiers, and in an interdisciplinary way » en recherche et formation.

Les équipes des laboratoires constitutifs de l'IFU ont su déjà démontrer, dans le cadre du Labex OCEVU, qu'elles savent travailler ensemble sur des objectifs communs et que cela débouche sur des initiatives et des résultats originaux et souvent innovants, et sont très motivées par la possibilité de continuer et renforcer cette démarche dans le cadre de l'IFU. En Physique des Particules, en Cosmologie ou en Astrophysique de Haute Energie, OCEVU a permis l'émergence de collaborations entre nos équipes d'expérimentateurs, d'astrophysiciens et de théoriciens.

Ainsi par exemple :

- des investigations de modèles théoriques ciblant l'identification des espaces de phases inexplorés, d'une part, et des développements de méthodes analytiques visant à la caractérisation des propriétés cinématiques des signaux, d'autre part, ont inspirés des nouvelles analyses des données collectées auprès du collisionneur de particules LHC au CERN ; des collaborations entre différentes équipes théoriques ont permis l'intégration des diverses compétences (phénoménologiques, numériques et analytiques) qui a permis le développement de théories originales de brisure de symétrie électrofaible ;
- dans le cas de la recherche directe et indirecte de la matière sombre, ont été mises en œuvre différentes compétences nécessaires et complémentaires pour une approche efficace de la compréhension de son comportement à l'échelle galactique pour en prédire l'interaction avec la matière ordinaire à partir d'extensions réalistes du Modèle Standard.
- Dans le domaine de la Cosmologie, sont à particulièrement noter le travail combiné des équipes de nos laboratoires qui a permis OCEVU sur les grands sondages cosmologiques prioritaires de la communauté internationale : Euclid, eBOSS, et DESI.
- Pour l'astrophysique de haute énergie, la mission spatiale franco-chinoise SVOM pour laquelle les équipes ont pris la responsabilité en commun de la construction du télescope Colibri de suivi au sol des alertes de Sursauts Gamma du satellite SVOM et de sa mise en œuvre, mais aussi de commencer à se positionner collectivement sur la future mission spatiale ESA THESEUS (Transient High Energy Sky and Early

Universe Surveyor) qui augmentera considérablement l'espace de découverte des phénomènes transitoires de haute énergie sur l'ensemble de l'histoire cosmique.

**L'Institut va permettre** d'améliorer les moyens et les synergies pour effectuer nos recherches et ainsi **améliorer notre impact dans les responsabilités** que l'on sera en capacité de prendre à l'international dans la conception, la réalisation et la mise en œuvre des expériences et observations du futur, mais aussi dans le retour scientifique que l'on sera en mesure d'assurer dans celles-ci : plus de doctorants/postdocs impliquent plus d'analyses, d'idées explorées et confrontées aux données, et donc plus de publications, de présentations à conférences,... Dans l'environnement interdisciplinaire que l'Institut favorise, des projets et séminaires communs, faciliteront la naissance de nouvelles approches pour répondre aux grandes questions qui sous-tendent la création de l'Institut et qui création d'un environnement éducatif réellement unique.

**L'exigence d'une dimension collaborative** entre nos laboratoires **et de coopération** avec le reste du monde, par le renforcement de la présence de chercheurs et enseignant-chercheurs invités et des échanges de scientifiques et d'étudiants avec les équipes des universités partenaires de l'Institut, permettront de cultiver un esprit d'ouverture et de progrès qui sera bénéfique aussi bien au niveau de la recherche que de la formation menées au sein de l'Institut.

Enfin, l'institut donnera aussi lieu à de la **création de valeur par le transfert de connaissances, de compétences et de savoir-faire**, à travers ses activités au niveau formation par et pour la recherche, ses liens avec le tissu socio-économique et citoyen de par les actions de médiation et diffusion scientifique, et les développements technologiques faits en lien avec des industriels qu'il aura à cœur de mettre en œuvre.

---

## **Il nous est aussi demandé :**

- **Attention portée : la structuration progressive de l'Institut sur les trois prochaines années**

### **Réponse :**

#### ***Au niveau global***

Deuxième semestre 2019 :

- Discussions avec AMU/A\*MIDEX pour finaliser les détails de l'implémentation et des financements de l'IΦU
- Mise en place de la structure de management globale de l'IΦU (Advisory Committee, Steering Committee, Executive Committee, Executive Board) et du CIRΦU

Début 2020 :

- D'une manière intégrée au site web d'AMU, mise en ligne d'un site web bilingue (anglais-français) dédié à l'Institut incluant ses aspects Recherche, Formation et Innovation/Valorisation, pour en faire la promotion dès que possible
- Dernier Comité de Pilotage du Labex OCEVU et Kickoff meeting de l'Institut (avec AMU, CNRS, CERN, CNES et les membres de l'Advisory Committee).

#### ***Formation***

Objectif: mettre en place la structure de management de la partie formation de l'Institut et

démarrer la majeure partie des orientations (I, II et III) du programme de « Physique de l'Univers » complètement internationalisé de la Graduate School dès la rentrée de 2020-2021. Ce parcours ambitieux s'inscrira en le complétant dans l'offre de formation actuelle d'AMU. Concernant l'orientation « Instrumentation » (IV), qui ne fait pas partie intégrante de la maquette actuelle du Master de Physique Fondamentale (FunPhys), nous envisageons de proposer à l'UFR Sciences un démarrage à mi-contrat de celle-ci, c'est-à-dire à la rentrée 2021-2022. Afin de respecter ce calendrier, dès l'annonce officielle de l'IΦU, une cellule de travail (incluant des enseignants-chercheurs, chercheurs, ingénieurs et des industriels) sera mise en place pour construire les détails de cette orientation.

Pour le prochain contrat quinquennal qui démarrera en 2023, notre expérience préliminaire de deux années nous permettra d'inscrire un parcours mature d'instrumentation dans l'offre de formation.

- 2019-2020:
  - Affichage de l'IΦU dès son acceptation pour la rentrée de 2019. Les étudiants de M1 seront identifiés IΦU dans la structure existante du M1 de physique (FunPhys) dans la perspective d'un M2 dans un parcours IΦU en 2020-2021.
  - Constitution de la cellule de mise en place de l'orientation « instrumentation » (IV) du programme de la Graduate School
  - Formalisation du partenariat avec l'University College of London (UCL) sur les aspects d'innovations pédagogiques
  - Organisation d'un « Summer Camp » de Physique annuel à destination des étudiants de Licence 1 et 2 (continuation de l'action OCEVU)
- 2020-2021:
  - Démarrage des trois orientations (I, II et III) du programme « Physique de l'Univers » de la Graduate School de l'IΦU
  - Préparation de l'orientation « instrumentation » (IV) pour ouverture à la rentrée 2021-2022
  - Organisation d'une Ecole d'été master-doctorat sur rythme annuel
  - Organisation du « Summer Camp » de Physique
- 2021-2022:
  - Ouverture de l'Orientation « Instrumentation » (IV)
  - Evaluation du fonctionnement de la Graduate School de l'IΦU
  - Intégration de la Graduate School de l'IΦU dans la prochaine maquette de formation d'AMU (2023-2028)
  - Organisation de l'Ecole d'été master-doctorat
  - Organisation du « Summer Camp » de Physique

### **Recherche**

Objectif: mettre en place la structure de management de la partie recherche et pouvoir recruter les premiers doctorants et postdocs IΦU pour la rentrée universitaire de 2020

- 2019-2020:
  - Automne 2019:
    - Election d'un Conseil Scientifique avec trois personnes extérieures (1 par thème scientifique).
    - Ouverture du premier appel à projet (postdocs, thésards et projets scientifiques).

- Hiver 2019-2020:
  - Sélection par le Conseil scientifique.
  - Annonce au niveau national et international des positions pour les postdocs et les thésards.
- Printemps 2020:
  - Sélection des candidats doctorants et postdocs financées par l'IΦU
- Automne 2020: arrivée des premiers doctorants et postdocs IΦU

La procédure suivra le même calendrier pour les années suivantes.

### ***Relations avec le monde socio-économique***

Objectif: mettre en place la structure de management de cette partie de l'activité de l'IΦU et démarrer certaines actions dès 2019

- 2019-2020:
  - Mise en place de la Cellule de l'Innovation et de la valorisation (lien institut-monde socio-économique).
  - Phase de négociations et de mise en place de partenariats avec les entreprises Bertin/Winlight et SOFRADIR
  - Prise de contact annuelle avec les Pôles de compétitivité, le CISAM, et la SATT sous forme de mini-ateliers ouverts aux étudiants de la « Graduate School »
- 2020-2021:
  - Développement des partenariats avec Bertin/Winlight et SOFRADIR
  - Signature d'un accord-cadre entre l'institut et le Rectorat d'Aix-Marseille, avec mise en place progressive des actions définies dans cet accord (voir la section concernant "La diffusion & médiation scientifique")
  - Mini-workshop de l'IΦU avec Pôles/CISAM/SATT

- [Une feuille de route stratégique de l'institut à 5 ans et 10 ans](#)

### **Réponse :**

L'IΦU entend devenir l'un des acteurs majeurs de la recherche et de la formation dans le domaine de la « Physique de l'Univers », tant au niveau national qu'international. Pour cela, l'Institut est basé sur une vision stratégique ambitieuse et partagée par l'ensemble de ses équipes.

Nous identifions ici les axes principaux de cette feuille stratégique.

A 5 ans:

- En Recherche: la première priorité est de réussir la mise en œuvre et l'exploitation des projets actuellement en cours de développement, à savoir upgrades ATLAS et LHCb pour la physique des particules ; eBOSS, DESI, Euclid, LSST, pour la cosmologie ; et CTA, SVOM et KM3NeT (Physique des neutrinos [ORCA] et astronomie neutrino [ARCA]) pour l'astrophysique de haute énergie et multi-

messagers. Ces différents projets devraient être pleinement opérationnels entre 2021 et 2023.

- Développement de l'attractivité en direction des scientifiques et ingénieurs de haut niveau par la mise en œuvre et le positionnement du Centre International de Rencontres de Physique de l'Univers (CIRΦU). Une démarche d'incitation et d'aide à la préparation des appels à projets européens et équivalents sera aussi mise œuvre, en utilisant l'existant et le complétant le cas échéant.
- En Formation: la première priorité est de mettre en place le programme complet de formation (incluant l'orientation « Instrumentation » qui fait actuellement cruellement défaut) de la « Graduate School », de le promouvoir au niveau international, et d'y attirer les meilleurs étudiants et de leur assurer une formation de qualité dans un environnement de haut niveau et interdisciplinaire (théorie, observations, expériences) en s'appuyant sur les équipes de recherche de l'Institut. D'importance sera aussi le développement d'une collaboration avec l'UCL sur l'innovation en formation.
- Mise en place sur le long terme d'échanges au niveau recherche et formation de scientifiques et d'étudiants avec les universités partenaires identifiées à l'international comme stratégiques pour nos activités (voir section « International »).
- En direction du monde socio-économique et du citoyen :
  - la priorité absolue est de mettre en œuvre la cellule dédiée à l'Innovation et la valorisation et de concrétiser des partenariats avec des industriels, tels que ceux qui sont en cours de discussion avec SOFRADIR et Bertin/Winlight.
  - Les priorités pour ce qui concerne le transfert des connaissances, se déclineront à travers la publication des résultats des projets soutenus par l'Institut, l'organisation de conférences internationales dans le cadre du CIRΦU, et les actions ambitieuses de diffusion et médiation scientifiques portées par l'Institut, et incluant la mise en œuvre, la valorisation et l'évolution des plateformes de formation IRiS (à l'Observatoire de Haute Provence) et ePERON (à l'Observatoire du Pic du Midi) développées dans le cadre du Labex OCEVU.
  - Un rapprochement de l'Institut avec l'association Andromède sera étudié ainsi que l'opportunité de la mise en place dans les locaux de l'ancienne BU à Luminy d'un espace d'exposition et d'accueil des enseignants et élèves du secondaire mais aussi du grand public autour de la « Physique de l'Univers » et des activités connexes.

A 10 ans:

- En recherche: la priorité sera de s'impliquer sur les futurs grands projets majeurs de la discipline, notamment après la fin de la prise de données au LHC du CERN (projets de futur accélérateurs : linéaires e+e- ILC et CLIC ; circulaires e+e- FCCee et CEPC ; circulaire pp, FCCpp...) pour la physique des particules, l'EELT (télescope de 39m) pour l'astrophysique, LISA (3 satellites en formation dédiés à la détection des ondes gravitationnelles, avec une sensibilité en fréquence complémentaire de celle des antennes terrestres LIGO/VIRGO), ou encore THESEUS qui vise à faire progresser de manière substantielle la science de l'univers primordial et à jouer un rôle fondamental pour l'astrophysique multi-messagers. L'IU sera un cadre exceptionnel pour faire émerger ou identifier d'autres projets qui n'en sont encore qu'à la phase de réflexion : on peut par exemple citer le développement d'un axe de recherche sur la

matière noire, en cours d'investigation au CPPM avec une forte synergie avec un projet de Chaire d'Excellence au CPT.

- Consolider le positionnement, l'attractivité et le rayonnement à l'international de l'Institut et de son CIRΦU pour espérer une labellisation de l'IΦU en tant que « Institut Kavli » et ainsi pouvoir aussi accéder au soutien financier et bénéficier de la renommée de la fondation Kavli.
- En enseignement: la priorité sera de développer les liens avec les autres universités, via notamment la mise en place d'un « Erasmus Mundus » et d'un « Joint Doctorate » avec des partenaires méditerranéens stratégiques dans nos domaines de recherche : l'Université Autonome de Barcelone, l'Université de Bologne et l'Université de Bucarest.
- En direction du monde socio-économique et citoyen : continuation de la stratégie ambitieuse de diffusion et médiation scientifique avec aussi l'espoir pouvoir mettre en place l'espace d'exposition et d'accueil à l'ancienne BU de Luminy mentionné ci-dessus, pour mieux faire connaître aux jeunes générations et aux citoyens en général nos domaines de recherches, les initier et les faire participer à la démarche scientifique, et les faire rêver sur les concepts et les objets de nos recherches. Pour ce qui concerne le tissu industriel, la cellule Innovation et valorisation sera très attentive à transférer autant que se peut les innovations et avancées technologiques qui ne manqueront de se faire jour dans la préparation des instruments et des infrastructures futurs sur lesquelles les équipes scientifiques et techniques de l'Institut s'impliqueront.

---

- **Planification des Ressources Humaines à 5 ans et 10 ans**

### **Réponse :**

Une partie du budget disponible de l'IΦU sera dévolue à financer chaque année 3 nouveaux doctorants et postdocs sur les thématiques des Groupes de Travail Science (GTS) et des actions transverses de l'Institut.

Pour soutenir et développer sur le moyen/long terme l'excellence de l'Institute en Recherche, Formation et Innovation/valorisation, il est aussi essentiel que sur les 10 prochaines années, les ressources humaines scientifiques, techniques et administratives actuellement disponibles dans nos laboratoires pour s'impliquer dans ou être en soutien des activités de l'IΦU, restent au minimum stables :

- La recherche et la formation de l'Institut ne pourra se faire au niveau escompté qu'avec suffisamment de chercheurs et d'enseignants-chercheurs pour porter et mettre en œuvre des projets scientifiques et pédagogiques ambitieux avec l'aide de doctorants et postdocs en nombre suffisant.
- Les ingénieurs et techniciens, et la continuité de leurs compétences au sein des services techniques sont indispensables aux équipes de l'Institut pour pouvoir prendre en charge sur parfois une dizaine d'année ou plus, la conception, la réalisation et la mise en œuvre d'instruments et d'infrastructures innovants. Ce sont ces prises de responsabilité et leur continuité dans le temps qui permettent de nous positionner au meilleur niveau et avec la meilleure visibilité internationale.

- L'expérience et les succès de la diffusion scientifique du Labex OCEVU a montré que le recrutement d'un ingénieur pour se charger de la diffusion et la médiation scientifiques de l'Institut est indispensable
- Un support administratif stable en nombre et compétences est aussi indispensable pour permettre aux personnels scientifiques et techniques de l'Institut de pouvoir espérer un soutien à leurs activités au niveau d'excellence requise par les ambitions de l'Institut.
- Une personne avec un profil ingénierie de projets avec un bon niveau d'anglais pour aider les équipes à monter des projets d'envergure de type « Europe » en recherche ou formation serait un réel atout pour encourager les équipes à postuler et mener à bien leur projet.
- Pour ce qui concerne la Graduate School, l'excellence de son environnement est liée à la qualité de l'accueil, et de la facilitation des processus administratifs et de la prise en charge des étudiants, en particulier étrangers, tout au long de leur curriculum ; une personne ayant un profil AI administratif avec une bonne connaissance de l'anglais serait un avantage conséquent.

**Etant donné que les personnels ne sont pas affectés directement à l'Institut, la stratégie RH de l'Institut pour les personnels permanents est donc intimement liée à celle des laboratoires qui le constituent.** Ce qui suit est une illustration de cette stratégie.

L'évolution des RH recherche **au CPPM** se traduit en 10 départs dans les 10 prochaines années (dont 3 départs AMU). Ces chercheurs contribuent de manière significative aux programmes de recherche de l'IΦU et sont également en première ligne des programmes de recherche prioritaires du laboratoire. Le taux de recrutement dans les dernières 5 années (2015-2019) au CPPM est de 0.6 chercheurs CNRS par an et de 0.2 EC AMU par an. Le laboratoire poursuit des recherches de pointe dans des projets à long terme dans les thématiques de l'IΦU, comme par exemple au LHC (jusqu'au 2035), EUCLID (2032), LSST (2032), KM3NeT(2030). Il est donc souhaitable et envisageable que le soutien fourni par ses tutelles (AMU et CNRS) continuera au moins au même niveau. Il a aussi été constaté une attractivité certaine du laboratoire pour des chercheurs permanents, avec 2 chercheurs permanents qui ont rejoint le laboratoire, et aucun départ par mutation pendant ces 5 dernières années. Le laboratoire poursuit également une forte démarche de candidature aux programmes de financement externe, et notamment Européens, avec 3 nouveaux contrats EU signés ces 2 dernières années, donc une ERC « consolidator ». Cette démarche, qui a vocation à être renforcée, contribue à stabiliser les forces scientifiques en présence et à développer de manière synergétique dans le paysage d'AMU les axes scientifiques de l'IΦU. Il serait donc raisonnable de considérer une bonne stabilité des ressources humaines du CPPM impliquées ou soutien des projets de l'IΦU.

**Au CPT**, en ce qui concerne l'évolution des RH permanentes dans les domaines de recherche liés à l'IΦU, sont prévus, dans les 5 prochaines années, 4 départs à la retraite de professeurs d'AMU, et à 10 ans le départ supplémentaire d'un DR du CNRS. Le directeur actuel du CPT, dans sa politique scientifique, compte soutenir la création de postes qui permettraient aux 3 labos d'IΦU de collaborer davantage. Dans l'éventualité où IΦU est retenu comme institut AMU, il est attendu que les demandes de postes dans le périmètre de l'Institut qui engendrent une synergie entre les 2 voire 3 laboratoires de l'Institut auraient plus de poids auprès des

instances de UFR sciences et de la gouvernance de l'Université pour en obtenir le soutien. Des autres pistes sont explorées telles qu'une chaire d'excellence (en cours de sélection AMIDEX), ou la possibilité dans le cadre du CNRS d'attirer au CPT des chercheurs en cosmologie (sur la thématique Large Scale Structure of the Universe) ou encore d'ouvrir une thématique « ondes gravitationnelles », soit en attirant des chercheurs en poste dans d'autres laboratoires, soit par la création d'une nouvelle valence dans ce domaine.

**Au LAM**, les dix prochaines années verront le départ, dans le périmètre de recherche de l'IΦU, de 8 chercheurs et enseignants chercheurs (2 PR AMU, 4 astronomes du CNAP et 2 DR du CNRS). L'extrapolation du taux moyen de recrutement sur les quelques dernières années ne permet pas d'envisager une compensation totale de ces départs. L'attractivité du LAM auprès de chercheurs déjà en poste dans d'autres laboratoires (2 mobilités entrantes prévues d'ici à la fin 2019) permet toutefois d'envisager les quelques prochaines années avec un certain optimisme. Il semble néanmoins indispensable de s'assurer d'un soutien réaffirmé des tutelles du laboratoire sur le long terme, afin de ne pas mettre en péril les projets majeurs de recherche auxquels le LAM contribue fortement au sein de l'IΦU (Euclid, SVOM, eBOSS, LSST, etc.). Concernant les personnels techniques de support à la recherche (ITA/BIATSS), indispensables au développement des grands instruments de nos domaines de recherche, que ce soit au sol ou dans l'espace, ainsi qu'à la mise au point des logiciels de réduction et d'analyse des données, le LAM verra dans les dix prochaines années le départ de 10 de ces personnels, dont 3 AMU et 7 CNRS, Une vigilance particulière sera donc également nécessaire sur la compensation de ces départs.

---

## **[Retour AMIDEX Recherche](#)**

### **Modifications et amendements nécessaires:**

- **Le projet ne doit pas être simplement une addition de compétences des unités de recherche constituantes**

### **Réponse :**

Le Labex OCEVU a largement démontré qu'avec une politique volontariste, il est possible de créer une synergie entre différentes équipes scientifiques, tout en renforçant les liens entre la formation et la recherche, et en améliorant la diffusion des connaissances. Pour y parvenir, la mise en place de moyen communs (étudiants et postdocs en cotutelle, moyen technique communs, etc.) a joué un rôle essentiel.

L'IΦU a pour objectif de renforcer cette synergie en valorisant le fait que :

- Les partenaires couvrent des domaines scientifiques complémentaires : la Physique Théorique, la Physique des Particules, l'Astrophysique et la Cosmologie. Il est désormais indispensable de maîtriser chacun de ces domaines et leurs interactions pour mieux appréhender les grandes questions liées aux problématiques de la Physique de l'Univers.
- Ils ont également des méthodes très complémentaires résultant des approches théoriques, expérimentales et observationnelles spécifiques à chacun de nos laboratoires. Ces approches se traduisent aussi en de fortes compétences à

développer des modèles théoriques originaux, la capacité d'acquérir des données auprès des plus grands moyens d'observation et d'expérimentation et à développer les instruments indispensables à l'acquisition des données, puis à leur traitement et leur analyse, indispensables à la confrontation des théories avec la réalité de la physique de l'Univers.

- Ils sont impliqués au sein des plus importants projets internationaux, tels que : les expériences ATLAS et LHCb au LHC en Physique des Particules ; Euclid et LSST en Cosmologie ; CTA, SVOM et KM3NeT en astrophysique de haute énergie. Cela leur assure une grande visibilité au niveau national et international. De plus, en participant conjointement à ces projets d'envergure et en utilisant la complémentarité des ressources et compétences scientifiques et techniques des laboratoires, il est alors possible de collectivement prendre des responsabilités plus importantes au sein des collaborations internationales et augmenter encore la visibilité des équipes marseillaises impliquées.
- L'enseignement proposé dans le cadre de la Graduate School de l'IΦU reflète et capitalise sur ces complémentarités et compétences et permet ainsi d'offrir un enseignement de très haut niveau sur des sujets scientifiques à la pointe, participant à rendre attractive pour les étudiants.

L'ensemble de ces éléments rendent l'IΦU pratiquement unique au niveau national et international (voir section suivante).

Il est aussi à noter que : l'ERC Consolidator de Justine Serrano (2018) est la conséquence directe de la collaboration au sein d'OCEVU sur la physique avec des leptons tau entre expérimentateurs et théoriciens ; l'ERC Advanced de Guilaine Lagache a été bâtie sur des projets collaboratifs développés, financés et mis en œuvre au sein d'OCEVU. Ceci est une preuve directe de valeur ajoutée de notre démarche initiée dans le cadre du Labex et que nous voulons continuer et consolider dans l'IΦU.

- 
- **Quel est le facteur de différenciation de l'institut par rapport aux échelles nationale et internationale ?**

### **Réponse :**

L'IΦU s'inscrit dans une démarche initiée au début des années 2000 visant à unifier différents domaines scientifiques et différentes compétences au sein d'une même structure afin d'avoir un impact majeur sur des questions scientifiques reconnues comme prioritaires au niveau national et international.

Dans le cadre de la Physique de l'Univers et au niveau international, les seuls instituts couvrant ce domaine scientifique sont à notre connaissance :

- l'Institut KAVLI pour l'Astrophysique des Particules et la Cosmologie (<https://kipac-web.stanford.edu> - Stanford, USA),
- l'Institut pour la Gravitation et le Cosmos à l'Université Penn State (<http://gravity.psu.edu> - Pennsylvanie, USA),
- l'Institut KAVLI pour les mathématiques et la physique de l'Univers (<http://www.ipmu.jp> - Tokyo, Japon),

- le Cluster allemand d'excellence «Universe» (<http://www.universe-cluster.de>, Munich, Allemagne),
- le Centre d'excellence en physique des particules CoEPP (<http://www.coepp.org.au>, Australie).

L'IΦU sera ainsi le seul institut, avec le Cluster allemand d'excellence «Universe», à couvrir l'ensemble des champs d'expertises (la Physique Théorique, la Physique des Particules, l'Astrophysique et la Cosmologie) nécessaires à l'étude de la Physique de l'Univers. Les autres instituts ne couvrent que deux des trois champs d'expertise.

Au niveau national, toujours à notre connaissance, une telle démarche collaborative n'existe pas non plus à ce niveau dans ces domaines et l'IΦU est pour l'heure le seul institut impliquant à la fois l'IN2P3, l'INP et l'INSU.

- Préciser les enjeux scientifiques pour les 10 prochaines années (aspect prospectif)

### Réponse :

Si les modèles dits « standard » de la physique des particules et de la cosmologie ont permis de donner un cadre mathématique rigoureux et prédictif qui rend compte du comportement des données accumulées jusqu'à présent, la communauté scientifique internationale a identifié un certain nombre de questions fondamentales pour lesquelles ces modèles n'apportent pas de réponse. Parmi ces questions clef pour les prochaines décennies, certaines sont justement au cœur de l'IΦU :

- **Quelles sont les lois fondamentales qui régissent l'Univers ?**
- **Comment l'Univers s'est-il formé et de quoi est-il fait ?**
- **Comprenons-nous l'Univers dans ses états extrêmes ?**

Pour répondre à ces grandes interrogations restées pour le moment sans réponse totalement convaincante, il est indispensable de les aborder par le biais de sous-thèmes sur lesquels des avancées pourraient être faites dans la prochaine décennie :

- Comment s'est formé l'Univers? Comment s'est-il structuré ? Comment a-t-il évolué en galaxies, étoiles, planètes ? Comment va-t-il évoluer ?
- Quelle est la nature de la matière et de l'énergie sombres ?
- Que nous apprennent l'Univers très jeune et les phénomènes les plus violents de l'Univers sur la nouvelle physique ? Quelle est l'origine des phénomènes cosmiques de haute énergie dans l'univers ?
- D'où vient l'asymétrie matière/antimatière dans l'univers?
- Y-a-t-il de nouvelles particules élémentaires ou interactions fondamentales?
- La relativité générale décrit-elle bien la gravitation, y compris à grande distance ou en champ fort?
- Comment réconcilier mécanique quantique et relativité générale ?

Pour tenter de répondre à ces questions, des mesures d'une très grande précision doivent être réalisées, mesures qui nécessitent la conception et la réalisation de nouvelles infrastructures et d'une instrumentation à la pointe comportant des défis que les équipes de

l'Institut ont les compétence pour relever au moins un certain nombre d'entre eux. Ainsi, pour pousser les modèles « standard » dans leurs derniers retranchements, il nous faut mesurer les propriétés du boson de Higgs ou les paramètres cosmologiques avec une incertitude meilleure que le pourcent. La mesure des propriétés de neutrinos, la détection directe et indirecte de la matière sombre et l'étude du ciel transitoire de haute énergie par une approche multi-messagers (photons, neutrinos, ondes gravitationnelles) sont aussi une priorité majeure de l'Institut.

Pour ce qui concerne l'implémentation de ces priorités scientifiques en projets concrets, voir la section ci-dessus décrivant « Une feuille de route stratégique de l'institut à 5 ans et 10 ans ».

## Retour AMIDEX Formation

### Modifications et amendements nécessaires:

- Le programme de la Graduate school doit être décrit précisément en cohérence avec la feuille de route recherche

### Réponse :

La structure du programme de formation de l'IΦU incluant ses 4 orientations et ses connexions au master de physique et aux groupes de travail science de l'Institut est synthétisée dans le schéma ci-dessous :

Master 2 FunPhy	IΦU Graduate School				IΦU Science Working Groups	
	I	II	III	IV		
The relativistic universe						Galaxies and Cosmology ●●●
Stars and Galaxies						
Galaxies and Cosmology						
Atomic and molecular Physics, Spectroscopy						High Energy Astrophysics and Astroparticles ●●●●
Quantum Field Theory						
Advanced Particle Physics						Particle Physics ●●●
General Relativity						
Systems and Introduction to ML						
Advanced Quantum Field Theory						Fundamentals of QFT and Quantum Gravity
Standard Model and Gauge Theory						
Astroparticles and Primordial Cosmology						
Experimental Tests of SM and Beyond						
Advanced Quantum Mechanics						
Instrumentation for Astronomy						
Doctoral Courses						
Observations at OHP						
Modelling, numerical and math. projects						

Trois groupes de travail science (GTS ou SWG en anglais) et des actions transverses structurent la recherche dans l'Institut. Les 3 orientations de formation I, II et III sont construites en lien étroit avec ceux-ci et préparent à des sujets de recherches qui peuvent être menées par les étudiants dans leur cadre. Ce lien n'est pas bijectif, et les formations ne sont pas tubulaires. En effet les orientations I et III préparent chacun aux thèmes de recherche

de deux des trois GTS. L'orientation plus théorique (II) ainsi que la nouvelle orientation « instrumentation » (IV) sont transverses aux GTS.

L'étroite connexion formation-recherche dans les thèmes majeurs des disciplines pertinentes pour les domaines de recherches de l'IΦU, garantira aux étudiants issus du Master IΦU une intégration optimale dans leur parcours doctoral au sein de la Graduate School. Ce parcours s'intègre tout naturellement dans le programme « Physique de l'Univers » qui sera identifié au niveau de l'Ecole Doctorale ED352 et du collège doctoral.

- 
- Ce programme doit s'appuyer sur l'offre existante des formations (socle) et doit être complété afin de donner une identité au projet, et par conséquent au site

### Réponse :

La formation proposée dans la Graduate School à travers ses orientations I, II et III prend appui et s'insère parfaitement dans le parcours actuel « FunPhys » (Fundamental Physics) du Master de Physique de l'UFR Sciences d'AMU. Les unités d'enseignement (UEs) suivies par les étudiants d'IΦU en première année seront partagées. Selon le choix de leur orientation de deuxième année, des UEs spécifiques leur seront proposées correspondant aux orientations I, II et III indiquées sur le schéma donné dans la réponse à la question précédente.

Une nouvelle orientation « instrumentation » (IV) sera introduite à mi-parcours puis officiellement intégrée dans la nouvelle plaquette de formation (2023-2028). Le détail des UEs de cette orientation commencera à être développé dès 2019 par une cellule d'enseignant-chercheurs, de chercheurs, d'ingénieurs et d'industriels.

L'offre de formation proposée dans la Graduate School est en parfaite adéquation avec la recherche développées au sein de l'IΦU, comme discuté plus haut, avec des spécificités et des approches différentes: théorie, observations et expériences, dans une approche parfaitement complémentaire. Cette articulation formation-recherche sera tout particulièrement mise en œuvre par des projets tutorés. Les étudiants les prépareront en petits groupes sous la supervision des chercheurs de nos laboratoires. Ces projets seront obligatoires et réalisés dans les UEs de spécialités ainsi que dans le cadre de l'UE de « veille scientifique et technologique » du master de physique. A travers cette initiation active à la recherche dès la première année, les étudiants de la Graduate School se retrouveront dans les laboratoires où ils prépareront leurs projets. Les journées de présentation de leurs résultats seront organisées sous forme de mini-conférences ouvertes aux enseignants et à tous les étudiants d'IΦU.

L'orientation « instrumentation » (IV) répond à un besoin identifié depuis fort longtemps lié au fait qu'il est indispensable de former des physiciens instrumentalistes (« instrument scientists ») capables de concevoir, construire et mettre en œuvre des infrastructures et systèmes d'instrumentation complexes et souvent innovants qui sont nécessaires à la réalisation des observations et expérimentations que nous conduisons dans le cadre de nos recherches. Le cadre de la Graduate School est idéal pour développer ce type de programme de formation qui n'a pas d'équivalent dans les écoles d'ingénieurs.

A la différence des autres orientations qui s'appuient pour l'essentiel sur les enseignements existants du parcours « FunPhys », cette nouvelle orientation nécessitera de développer de nouveaux enseignements. Les étudiants d'IΦU de cette orientation pourront également suivre des cours dispensés dans d'autres formations afin de mutualiser au mieux l'offre de formation de l'université ; ce sera par exemple le cas pour les enseignements en optique et traitement d'image (FunPhys et Europhotonics).

Les enseignements dédiés nécessaires seront créés et dispensés par les chercheurs et ingénieurs de nos laboratoires ainsi que par des intervenants extérieurs de sociétés privées, possiblement aussi impliqués dans nos projets de recherche. Ce partenariat recherche-industrie sera particulièrement important pour faciliter l'insertion professionnelle de nos étudiants et doctorants, et plus généralement pour favoriser par exemple la mise en place de stages en entreprise et de thèses de type CIFRE avec les industriels impliqués dans notre programme de formation. Pour les enseignements relatifs au « Big Data » auxquels les chercheurs et les enseignants-chercheurs d'IΦU pourraient participer, une discussion est en cours pour en optimiser les contenus et les rendre plus visibles.

L'identité et l'originalité de la formation dispensée par la Graduate School d'IΦU résulte de la complémentarité (théorie, observation, expérimentation) d'approches et du grand spectre de compétences des personnes qui y enseigneront (enseignants-chercheurs, chercheurs, ingénieurs, intervenants extérieurs), en lien direct avec la recherche ou les développements qu'elles effectuent dans les laboratoires de l'Institut. Elle se traduit aussi dans les méthodes pédagogiques décrites ci-dessous dans la section « innovation ».

---

## [Retour AMIDEX Innovation](#)

### **Modifications et amendements nécessaires:**

Le thème innovation (pédagogique, recherche...) a très peu été abordé. Or les thématiques abordées au sein de cet institut ont un potentiel pour "faire rêver".

Une réflexion doit être menée sur ce thème innovation

### **Réponse:**

Le programme ambitieux de diffusion des connaissances de l'Institut contribuera à participer à "faire rêver" les jeunes générations (dans l'espoir aussi d'en attirer quelques-uns vers nos domaines) et le citoyen en général, à travers par exemple : des interventions de chercheurs dans les collèges et les lycées, des Masterclasses pour les classes de lycées, un « Summer Camps » de Physique à destination des étudiants de Licence, des conférences et expositions grand public, des supports media et une présence sur les réseaux sociaux,...

### **Innovation pédagogique**

Tout en prenant appui essentiellement sur l'offre de formation du master de physique « FunPhys » pour les cours obligatoires et de spécialités (comme décrit précédemment), le

lien très fort mis en œuvre entre recherche et formation motivera fortement les étudiants dans leur parcours au sein de la Graduate School. Des méthodes pédagogiques innovantes seront mises en place pour accompagner les étudiants durant leur cursus, leur permettre d'acquérir une autonomie dans leur travail, et ainsi préparer leur avenir professionnel, qu'il soit académique ou non.

Plus spécifiquement voici quelques-unes des actions que l'IΦU se propose de déployer :

- Suivi individualisé des étudiants avec la mise en place d'un tutorat : chaque étudiant sera suivi par un enseignant/un chercheur et un doctorant experts du parcours qu'il aura choisi, des rencontres régulières seront organisées, et le soutien approprié si nécessaire mis en œuvre
- Mise en place d'un apprentissage actif et collaboratif de type « learning by doing ». Tout au long des deux années du cursus, des projets tutorés par groupe de 2 à 4 étudiants seront réalisés dans le cadre de l'UE Veille Scientifique et Technologique adaptée aux objectifs de l'IΦU et de ses enseignements de spécialités. Les étudiants seront en immersion dans nos laboratoires pour mener à bien ces apprentissages actifs et collaboratifs, auprès des enseignants-chercheurs qui les encadreront. A travers ces projets ils découvriront les sujets majeurs du périmètre scientifique de l'Institut.
- Afin de développer l'esprit d'équipe au sein de la promotion, des séances de « hackathon » seront organisées autour de problèmes à résoudre.
- Le sentiment d'appartenance sera aussi renforcé par des actions spécifiques favorisant l'interaction inter-promotion du type atelier master/doctorant (construisant sur l'expérience des ateliers déjà mis en place), clubs scientifiques,...
- Développement avec le CIPE d'AMU de pédagogies innovantes telles que la pédagogie inversée et l'apprentissage par problèmes se fera en étroite collaboration, l'utilisation d'outils numériques. Des vidéos seront réalisées en appui des enseignements dispensés et mises en ligne. Des vidéos de cours à large spectre donnés lors des écoles d'été seront également archivées sur le site du CIPE et de l'IΦU. Des outils en ligne d'évaluation des connaissances seront proposés aux étudiants tout au long de leur progression, pouvant conduire à la participation à des projets encore plus innovants, tels que les « serious games » autour des connaissances scientifiques au niveau master (contacts avec Sorbonne Université en cours).
- Des séminaires 'niveau master' seront organisés régulièrement, sur les thèmes majeurs de la Graduate School. Des intervenants extérieurs pourront être invités et des discussions seront organisées avec les étudiants.
- Les étudiants de l'IΦU auront la charge d'animer un espace dédié au sein du site web de la Graduate School (journal club, actualité scientifique, médiation scientifique vers le grand public). Un modérateur sera désigné dans l'équipe enseignante. Ils seront aussi encouragés à participer activement aux actions de diffusion et médiation scientifique de l'Institut.
- Une école d'été master/doctorant annuelle sera organisée, ce qui permettra à la fois de faire le lien dès la première année du master avec les doctorants au sein de l'IΦU et également d'attirer de bons candidats extérieurs pour le programme doctoral de l'IΦU. Les thèmes de l'école seront choisis sur des sujets majeurs ou 'chauds' au sein des GTS de l'Institut et viendront en complément des cours de master et doctoraux.
- Un Summer Camp de Physique annuel sera organisé à destination des étudiants de Licence leur offrant une semaine d'introduction à et d'immersion totale dans la recherche des domaines scientifiques de l'Institut ; les étudiants de la Graduate School seront incités à prendre une part active à l'organisation et au déroulement de ces événements.

**A noter aussi**, que des discussions ont été engagées avec le Prof. David Waters de l'UCL (University College London), université mondialement reconnue pour la qualité et les aspects innovants des formations et de l'environnement qu'elle offre à ses étudiants. Nous visons un accord de coopération entre AMU et UCL sur les aspects formation et recherche, avec un premier accord d'application au sein de l'IΦU et de sa Graduate School. UCL qui a pour motto « Academic Excellence with a Global Impact » fait partie du réseau « Russel Group » aux côtés d'Oxford et Cambridge et compte parmi les universités britanniques les plus prestigieuses.

---

## **Retour AMIDEX International**

### **Modifications et amendements nécessaires:**

- Il est annoncé vouloir être labellisé institut KAVLI, cependant quelle la stratégie pour atteindre cet objectif? A 3 ans, 5 ans, 10 ans?

#### **Réponse :**

Nous nous efforcerons de mettre en œuvre les objectifs ambitieux de l'IΦU sur l'ensemble de ses activités de Recherche, Formation et Innovation. Avec l'aide des personnalités éminentes membres de l'Advisory Board de l'Institut, nous espérons pouvoir dans les 5 prochaines années pouvoir être identifiés par la Fondation Kavli comme méritant d'obtenir leur labellisation (en effet la labellisation est initiée par la fondation, et non pas suite à une candidature).

En plus de bénéficier de la renommée de cette fondation, la labellisation permet d'avoir accès à des financements de chaires, de professeurs invités, d'organisation d'ateliers qui pourraient venir soutenir et consolider les activités de l'Institut dans le cadre de son Centre International de Rencontres (CIRΦU) et naturellement faciliter sa reconnaissance internationale.

---

- Quels partenaires stratégiques à l'échelle internationale?

#### **Réponse :**

Les universités partenaires faisant partie de la stratégie internationale de l'Institut, correspondent à des établissements pour lesquels nous avons déjà tissés des liens de coopérations avec des équipes, en particulier dans le cadre de collaborations internationales dans lesquelles la recherche de l'Institut s'inscrit. L'idée est ainsi de consolider et formaliser ces liens par la mise en place d'accords de coopération entre AMU et ces universités avec l'aide de la DRI et de la DRV, et qui porteront sur : des échanges d'étudiants, d'enseignants-chercheurs, de chercheurs et d'ingénieurs ; la mise en place d'enseignements, voire de diplômes, partagés ; la mise en œuvre de collaborations de recherche incluant aussi des cotuelles de doctorat.

Les actions internationales prioritaires de l'Institut seront :

- Insérer ces actions au sein du projet de la future Université Européenne, sur les segments master-doctorat-recherche
- Avec l'Université Autonome de Barcelone, l'Université de Bologne et l'Université de Bucarest, nous avons comme objectif dans le cadre de la Graduate School de l'Institut, de monter et soumettre des dossiers Erasmus Mundus (Master et Joint Doctorate)

- Avec UCL (University College London), notre objectif est de formaliser une coopération autour de la formation innovante mais aussi la recherche.
  - Avec Pennsylvania State University (PSU) et son Institute for Gravitation and the Cosmos, de formaliser des coopérations de recherche et d'échange d'étudiants
  - De valoriser, et formaliser au travers d'accords de coopération en recherche et formation avec AMU, les liens que nos équipes ont déjà initiés dans le cadre de LIA qui sont portés par des chercheurs de l'Institut avec :
    - Le Chine : LIA FCPPL, mettant en jeu la Chinese Academy of Science (avec l'IHEP, le NAOC, et l'USTC) et ainsi que les universités : THU (Tsinghua), PKU (Peking), SDU (Shandong), NJU (Nanjing), CCNU (Wuhan), SJTU (Shanghai Jiaotong), SYSU (Sun-Yatsen)
    - Le Mexique : LIA ERIDANUS, mettant en jeu l'UNAM et le CONACyT
- 

## Retour AMIDEX Lien socio-économique

### Modifications et amendements nécessaires:

- Des compétences fortes (capteurs, détecteurs, data sciences) qui peuvent intéresser de nombreux partenaires du monde socio-économique. Un travail avec les acteurs (SATT...) doit être mené afin d'établir une feuille de route sur cet axe

### Réponse :

Le CPPM et le LAM sont engagés dans des programmes de recherche qui nécessitent des développements technologiques pointus dans le domaine des capteurs, de la détection, de l'acquisition de données rapides, du traitement et stockage de données massives, tout cela dans un environnement qui peut être extrême.

Les laboratoires ont déjà une culture d'innovation assez développée avec le dépôt de plusieurs brevets et la création de plusieurs start-up dans les domaines des détecteurs rayons X (imXPAD), des applications de connections sous-marine (PowerSea), des environnements de très faible luminosité (First Light Imaging) ainsi que des capteurs haute performance (Curve-One)

Des liens privilégiés existent aussi depuis plusieurs années avec plusieurs sociétés régionales. Sans faire une liste exhaustive, nous pouvons citer la Comex pour tout ce qui touche à l'environnement marin, société avec laquelle un FUI a été déposé et mis en œuvre, Mirion Technologies pour tout ce qui touche de près ou de loin la détection nucléaire avec laquelle nous avons travaillé sur de la dosimétrie active, Nexvision qui a permis de mettre en place une thèse cofinancé CNRS/Région sur l'acquisition de données rapide, Cegitek Innovation qui reprend le développement des capteurs rayons X initié par imXPAD. Un laboratoire commun porté par le LAM a été signé en 2017 avec le groupe THALES et trois de ses filiales (Thales Alenia Space, Thales-SESO, Thales Land Air System) sur l'instrumentation optique embarquée. Celui-ci a déjà permis le lancement de 3 thèses cofinancée (+2 autres en discussion pour 2019) et l'obtention de programmes de R&D (ESA, H2020, etc..).

Les priorités en termes de valorisation et de lien avec le tissu industriel au cours des premières années de l'Institut sont déjà identifiées :

- Le lien entre l'IΦU et le monde économique sera assuré par sa Cellule de l'Innovation et de la valorisation. Elle sera mise en place dès la création de l'Institut et sera composée de membres internes et d'acteurs externes (Pôles, CISAM, SATT, cellules de valorisation des tutelles, et éventuellement industriels). Elle aura à charge de
  - développer une relation étroite avec la Cité de l'Innovation et des Savoirs Aix-Marseille (CISAM - guichet unique du territoire pour l'industrie avec les acteurs de l'innovation et de la recherche)
  - de mettre en place les conditions d'émergence de projets de valorisation (veille active, appels internes, journées de rencontre, etc..), et d'en assurer leur suivi
  - d'organiser avec l'aide de la CISAM et de la SATT des rencontres soit ad-hoc avec des entreprises ciblées, soit bisannuelles ou annuelles avec les différents acteurs régionaux de l'innovation (laboratoires, industriels, pôles de compétitivité...)
- Un Laboratoire Commun est en cours de discussion et de montage, porté aussi par le LAM, avec le groupe Bertin Technologies et sa filiale Winlight. Ce partenariat resserré avec Winlight et Bertin Technologies sera d'un grand intérêt pour l'IΦU. En effet, ces dernières années la collaboration avec ces acteurs économiques a permis la mise en place d'un savoir-faire commun (avec notamment un brevet) autour de la conception, la réalisation et l'intégration de spectrographes, pour les grands projets de relevés cosmologiques de la discipline. Nous pouvons citer PFS (Prime Focus Spectrograph) pour le télescope Subaru de 8m et les spectrographes DESI pour le télescope Mayal de 4m. Cette collaboration étroite sera encore renforcée dans le cadre du Laboratoire Commun, et permettra notamment de proposer un concept novateur de spectrographe adapté à une industrialisation en série sur lequel les équipes du laboratoire et de l'industriel travaillent déjà.
- Du fait de l'expertise du CPPM dans la caractérisation de détecteurs infrarouge (par ex. responsabilité du plan focal infrarouge de l'instrument NISP de la mission ESA Euclid) et de l'infrastructure associée assez unique qui a été développée, nous avons été approchés par la société SOFRADIR, entreprise grenobloise de fabrication de détecteurs infrarouge, pour discuter de la mise en place d'un contrat de partenariat, qui pourrait ensuite déboucher sur un Laboratoire Commun, sur la caractérisation fine de leurs nouvelles familles de détecteurs infrarouge ALFA et COBRA qu'ils comptent développer, produire et commercialiser dans les prochaines années.
- Les développements technologiques et informatiques de pointe développés pour la réalisation et la mise en œuvre d'instruments utilisés dans les domaines de recherche de l'Institut, seront aussi au cœur de l'orientation « Instrumentation » (IV) de sa Graduate School. Des partenariats seront mis en place avec des industriels pour intervenir dans la formation, accueillir des étudiants en stage, mettre en place des contrats de doctorat de type CIFRE,...

L'Institut viendra en appui de ses laboratoires pour les aider dans leur démarche de valorisation et de développement de liens avec le monde socio-économique. Par exemple, il proposera à travers sa Cellule de l'Innovation un système d'aide aux porteurs de projets innovants ou aux inventeurs par la mise en place d'un tutorat pour chaque projet (coaching individualisé), de conseil par un groupe d'experts industriels et académiques, de formations adaptées, de financement d'amorçage et de pré-maturation avec une incitation et une aide à trouver des co-financements. Ceci permettra aux projets identifiés d'obtenir les ressources

nécessaires pour atteindre un niveau de validation et de maturation suffisant pour être pris en charge par la CISAM et la SATT.

D'autres pistes de projets de valorisation sont également à l'étude, comme l'acquisition et la concentration de données massives à très haut débit. Développés dans le cadre de l'expérience LHCb au CERN par le CPPM, le concept et/ou les cartes qui en ont résulté ont été utilisés par d'autres expériences au CERN (ATLAS, ALICE), à KEK au Japon (Belle II) et par IBM pour équiper leurs microscopes électroniques. Un concept encore plus performant est en cours de développement au CPPM ; une aide de l'IΦU sur ce projet très ambitieux permettrait de le porter au plus vite au stade de la preuve de concept puis de la réalisation. Il en est de même de projets de recyclage du Xénon pour l'anesthésie ou d'imagerie médicale à base de capteurs innovants, dont la validation du principe reste encore à faire.

- 
- La diffusion & médiation scientifique mériterait d'être amplifiée au travers d'innovations pédagogiques à identifier

### Réponse :

Le programme ambitieux de diffusion des connaissances de l'Institut s'ancrera sur des innovations pédagogiques permettant d'amplifier la diffusion des connaissances en lien avec la physique de l'Univers vers les différents types de publics identifiés (publics scolaires, enseignants, grand public averti, grand public curieux mais non averti) :

- développement d'une stratégie de réseaux sociaux pour les 2 plateformes éducatives pour permettre la création d'une communauté d'enseignants utilisateurs et les échanges de données entre groupes d'élèves d'établissements différents ;
- production de ressources de type MOOC à destination des enseignants pour l'utilisation des plateformes (aspects techniques, utilisation pédagogique et connaissances générales en physique de l'Univers) ;
- développement d'un lien étroit entre acteurs de la recherche et diffusion des connaissances : missions de médiation scientifique d'un ou plusieurs doctorants IΦU sur une année (contribution aux plateformes éducatives, parrainages de projets pédagogiques, formation d'enseignants, contribution à des événements de culture scientifique tels que la Fête de la science, ...) ;
- production de ressources innovantes mutualisées entre les 3 laboratoires de recherche sur des problématiques transversales et interdisciplinaires telles que la recherche de la matière noire et de l'énergie noire, les sursauts gamma... : animations de réalités virtuelles
- développement d'un espace d'exposition et d'accueil dédié à l'IΦU (dans un lieu à définir : par exemple l'ancienne BU sur le Campus de Luminy) permettant d'accueillir les scolaires, les enseignants et un plus large public pour leur présenter les recherches menées au sein de l'institut et ses acteurs ; ce lieu mettrait à disposition les ressources évoquées précédemment (réalité virtuelle), des maquettes des projets de l'IΦU et non spécifiques à un labo particulier.
- Un rapprochement avec l'association Andromède est prévu

Un partenariat privilégié avec le Rectorat d'Aix-Marseille sera également mis en place via la signature d'une convention officielle entre les partenaires. Elle couvrira notamment les actions suivantes:

- Formation des professeurs dans le cadre de la réforme du lycée (enseignement scientifique, classe de 1ère) dans le cadre de 3 des 4 thèmes proposés:

- Une longue histoire de la matière
- Le Soleil notre source d'énergie
- La Terre un astre singulier
- Accompagnement des projets scientifiques dans le cadre des "Cordées de la Réussite" qui permettent de développer des actions dans des classes situées dans des zones défavorisées.
- Interventions/présentations dans les collèges et lycées
- Masterclasses internationales organisées pour des classes de lycées sur le modèle de celles déjà en place pour la physique des particules organisées chaque années avec le CERN, que l'on développerait aussi pour les la physique des astroparticules et la cosmologie
- Participation aux vidéoconférences "Rendez-vous des sciences" organisées par le Rectorat. Cette action offre la particularité d'être accessible à toutes les écoles de France et donc assure une visibilité nationale.
- Mise en place de magistères pour la formation des enseignants. Ces magistères sont l'équivalent des MOOCs pour l'enseignement supérieur et offrent de nouveau une visibilité nationale à une telle action.

### **Médiation scientifique**

Les étudiants de l'IΦU seront sollicités pour participer à des actions de médiation scientifique organisées par l'université et dans les laboratoires de l'IΦU. Des actions spécifiques sont dès à présent identifiées :

- Un espace sera ouvert aux étudiants sur le site web et la page Facebook de l'IΦU pour animer un journal club relayant les actualités scientifiques, les sujets chauds de la discipline, les sites intéressants etc... Il sera bien sûr nécessaire de mettre en place un modérateur et un comité éditorial formé par les étudiants.
  - Ils participeront à l'école d'été annuelle des L2 initiée dans le cadre du labex OCEVU, en animant des ateliers et des tables rondes en complément des cours dispensés.
  - MOOC "Astrophysique : du système solaire au Big Bang". Ce MOOC, créé par Magali Deleuil et Denis Burgarella du LAM au sein d'AMU, a recueilli environ 5000 inscriptions pour ses deux dernières éditions. Les étudiants de deuxième année du master pourront participer aux forums de questions/réponses.
-