



# Compte-rendu scientifique LABEX

Date de soumission

Date de la dernière action

2017-03-27 10:15:09

## INFORMATIONS SUR LE PROJET

Acronyme du projet : ENIGMASS  
Rapport couvrant la période du : 2016-01-01 00:00  
au : 2016-12-31 00:00  
Date de notification de la convention attributive d'aide : 26/02/2013  
Titre complet du projet : L'énigme de la masse  
Mots clés : Mass;Boson de Higgs; Matière Noire; Cosmologie  
Etablissement coordinateur : Université de Grenoble (COMUE)  
Date de début du projet : 01/03/2012  
Date de fin du projet : 31/12/2019  
Site web du projet : <http://enigmass.in2p3.fr/>

## RESPONSABLE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU PROJET, REDACTEUR DU PRESENT RAPPORT

Nom, Prénom :

KARYOTAKIS, Yannis

Téléphone :

Téléphone

+41227677453

Mobile

+33610871413

Courriel :

yannis.karyotakis@lapp.in2p3.fr

Date de rédaction :

2017-03-27 00:00

**Evolutions des unités de recherche partenaires du projet :**

*Fournir le cas échéant la liste des nouvelles unités de recherche et la liste de celles ayant quitté le projet, indiquer la motivation de l'entrée ou du retrait. Dans le cas des partenaires publics, seront mentionnés le code (UMR, UMS, UPR, EA...), le numéro de l'unité, son intitulé et la liste de ses tutelles. Maximum une demie page (3400 caractères)*

Aucun changement depuis l'origine du projet. Il y a toujours quatre laboratoires partenaires, le Lab. d'Annecy le Vieux de Physique des Particules (LAPP), le Lab. d'Annecy le Vieux de Physique Théorique (LAPTh), le Lab. de Physique Subatomique & Cosmologie (LPSC) et le Lab. Souterrain de Modane (LSM)

## RESUME PUBLIC / SUMMARY

### **Résumé du projet :**

*Intégrant son avancement et faits marquants depuis le début. Cette partie sera actualisée chaque année. Maximum 20 lignes (2000 caractères).*

Le Labex après 6 ans de financements s'avère être le catalyseur indispensable pour concevoir et réussir des projets communs entre les quatre laboratoires partenaires. Sa politique scientifique est un succès, grâce à l'apport essentiellement en moyens humains comme prévu initialement. La découverte des ondes gravitationnelles, projet soutenu, est le fait le plus marquant en 2016. L'apport du Labex a permis une grande visibilité et reconnaissance des partenaires au sein de très grandes collaborations internationales. Notre groupe s'impose comme la principale force dans la recherche des résonances  $\gamma\gamma$ , et de nouvelle physique dans ATLAS au LHC. L'activité initiée sur les détecteurs de traces en silicium, permet l'acquisition de nouvelles compétences très pointues et elle est couronnée par l'adoption par ATLAS de la géométrie initialement proposée par nos laboratoires. Nos laboratoires voient l'expertise acquise, reconnue par la communauté internationale. Le pôle neutrino s'est considérablement renforcé. Notre groupe est en charge de plusieurs éléments capitaux pour la R&D en cours afin de valider la technologie des TPC à Argon liquide. L'expérience STEREO a démarré son acquisition de données cette année à l'ILL, à la recherche des neutrinos stériles. Par ailleurs, la R&D et la construction des sources de Sélénium pour la recherche de la double désintégration beta ont abouti. AMS et HESS publient des résultats inédits sur les rayons cosmiques et la matière noire. Le Labex a permis la création d'un groupe de cosmologie observationnelle au LAPP. La plateforme de TP de physique nucléaire a été achevée et accueille plus de 500 étudiants. Les écoles ESIPAP et GRASPA accueillent le nombre maximal d'étudiants. Les moyens du Labex sont attribués, après appel d'offres interne et jurys indépendants, en priorité aux projets impliquant au moins 2 partenaires. La petite taille du Labex permet une réactivité rapide, un fort impact sur les équipes et une gestion très efficace.

## ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET / PROGRESS OF THE PROJECT

### **Gouvernance**

Lancement, organisation et gouvernance du projet, pilotage et dispositifs de suivi, mode d'implication des directeurs d'unités de recherche concernés. Maximum 1 page - 4 200 caractères.

Le projet du LABEX ENIGMASS a officiellement démarré en mars 2012. Les structures prévues initialement pour la gouvernance sont en place depuis le début du projet et restent inchangées. Le comité exécutif, est composé des quatre directeurs des laboratoires partenaires, le coordinateur et le coordinateur adjoint qui sont les mêmes depuis 2012. Le comité exécutif et les responsables d'actions de physique, et de formation se réunissent systématiquement une fois par mois. Les directeurs des laboratoires membres font partie du directoire, et à ce titre sont donc directement impliqués dans la direction du Labex, dont la politique est en phase avec celles de ses membres. Le comité exécutif décide de l'attribution des tous les moyens, après consultation des WP coordinateurs et des comités externes mis en place. Le conseil scientifique, est composé de 6 personnalités extérieures. Il se réunit en principe une fois par an. Le comité de pilotage est composé des représentants des tutelles. Compte tenu de la difficulté à réunir ces deux instances, la prochaine réunion sera commune aux deux et elle est prévue le 20 juillet 2017. Une réunion plénière de tous les chercheurs et ingénieurs participants au Labex est tenue annuellement (<https://indico.in2p3.fr/category/409/>). L'ensemble des projets en cours est présenté, et leur état d'avancement examiné. Les membres du conseil scientifique assistent à cette réunion.

La grande majorité des moyens du Labex est utilisée pour des ressources humaines. Pour le recrutement des post-doctorants et doctorants le comité exécutif prend l'avis, qu'il a toujours suivi jusqu'à présent, de deux comités composés à parts égales, des membres externes et internes au Labex. La décision d'attribution du financement des visiteurs étrangers, ainsi que des actions de communication et de valorisation reviennent au comité exécutif. Aujourd'hui au sein du Labex nous avons recruté 43 doctorants, post-doctorants et ingénieurs pour des durées de 2 à 3 ans ! Pratiquement la totalité du budget du Labex est engagé jusqu'en 2019, fin officielle du projet.

Le Labex ENIGMASS est caractérisé par une relative petite taille et une gouvernance souple qui évite tout blocage et permet une grande réactivité, ainsi qu'une consultation fréquente et une écoute de la base.

## Recherche

Maximum 1 page - 4  
200 caractères.

La collaboration LSC-Virgo a annoncé la première détection directe d'ondes gravitationnelles. La source a été identifiée comme la fusion de deux trous noirs massifs situés à environ  $1.3 \cdot 10^9$  années-lumière. En parallèle à l'analyse de ces données, l'installation de AdvancedVirgo s'est achevée.

L'analyse du rayonnement cosmique se poursuit avec les résultats d'AMS sur les antiprotons et le rapport Bore sur Carbone. Une méthode semi-analytique pour calculer rapidement le flux des positrons du MeV au TeV, observé sur ISS, a été développée en prenant en compte des processus de basse énergie.

L'installation de la caméra NIKA2 au télescope de 30 m de l'IRAM, a permis de mesurer la vitesse du gaz lors de la fusion de plusieurs amas de galaxies, grâce à l'observation de l'empreinte de leur mouvement dans le CMB.

Le télescope H.E.S.S. II permet de descendre le seuil de détection en énergie en dessous de 100 GeV, ce qui est particulièrement profitable pour les noyaux actifs de galaxies avec la mesure de la cassure du spectre au moins en partie due à l'absorption par le CIB.

La détection directionnelle de matière noire progresse également avec la première détection de traces en 3D de la descendance du Radon et la construction du premier détecteur bas-bruit MIMAC de 10 cm x 10 cm.

Nos groupes se sont imposés comme la principale force motrice dans la recherche des résonances  $\gamma\gamma$  à grandes masses au sein de l'expérience ATLAS, grâce à l'apport d'ENIGMASS. En 2016 aucune nouvelle physique (NP) n'a été observée en analysant plusieurs canaux ( $\gamma\gamma$ , ll, tb, tt,  $\gamma$ +énergie manquante, etc.). Le programme de recherche de NP est complété par des mesures de précision comme les propriétés du boson de Higgs, la polarisation du quark top, la section efficace tW et la production de dibosons WZ.

Le fort engagement d'ENIGMASS dans le projet Pixel Alpin a permis de construire des prototypes d'échelle Alpines et démontrer qu'ils remplissaient le cahier des charges d'ATLAS.

Le groupe LHCb a étudié la désintégration  $B_d \rightarrow K^* \gamma$ . Il a mesuré de l'angle CKM  $\beta(s)$  et  $\gamma$  dans les canaux  $B(s) \rightarrow J/\psi \pi^0 / \eta$  et  $B \rightarrow D^*(*) K^*$ . En collaboration avec des théoriciens, dont un doctorant co-encadré, le groupe étudie la désintégration radiative  $B_s \rightarrow \mu \mu \gamma$  et  $B_s \rightarrow e \mu \gamma$  qui violerait la saveur léptonique.

L'année 2016 a vu la réalisation des premières feuilles sources en  $^{82}\text{Se}$  purifié pour l'expérience R&D Super-NEMO au LSM. Quatre d'entre elles ont été installées dans le détecteur BiPo à Cafranc pour mesurer la radiopureté et valider la procédure de production. En parallèle plusieurs analyses des données de NEMO-3 ont été terminées et publiées.

Au deuxième semestre 2016 l'expérience STEREO a installé son détecteur complet auprès de l'ILL et les premières prises des données à la recherche de neutrinos stériles ont démarré en novembre 2016.

Finalement une activité de participation au projet WA105/DUNE pour développer un détecteur massif de type TPC à argon liquide sur la plateforme neutrino du CERN a pris place dans les activités neutrinos du Labex.

Enfin la R&D pour un détecteur de type TPC à argon liquide en vue de l'expérience DUNE, projet majeur pour le Labex, s'est beaucoup renforcée. Notre équipe s'est imposé pour la construction du plan de détection, a développé la simulation de la collection de la lumière et a pris en main la conception et la réalisation de l'instrumentation du faisceau.

Les théoriciens ont été très impliqués dans l'interprétation des résultats du LHC, en proposant des interprétations pour l'excès  $\gamma\gamma$  de 2015, en effectuant des calculs de précision en lien avec le Higgs, en examinant les conséquences des résultats des recherches de NP, ou en proposant des méthodes pour cerner les propriétés du Higgs ou de la NP. L'équipe s'est aussi fortement impliquée dans le développement d'outils permettant la réinterprétation des données et un groupe de travail a été mis en place dans ce but.

Quatre nouveaux post-doctorants, issus du CEA-Saclay, de Rome-INAF, de Liverpool et Rio-CPBF ont été ainsi recrutés.

## **Formation**

*Maximum 1 page - 4  
200 caractères.*

Le Labex a créé 2 écoles thématiques, ESIPAP et GRASPA, pour les étudiants en thèse et en M2, et en M1, respectivement. Les deux rencontrent un grand succès. GRASPA (GRAduate School of Particle physics of Annecy) accueille des étudiants en L3 et M1 pour une semaine en juillet. En 2016, le nombre de postulants à l'école a atteint plus de 120 demandes venant de 20 pays différents (dont ~ 90% des étudiants de pays d'Europe) pour environ 30 places. A côté de la méthode d'enseignement traditionnel, des sessions de discussions thématiques et d'orientation des étudiants (tables rondes) ont été organisées. Une session dans laquelle un outil de calcul moderne est enseigné (enseignement "hands-on") a été aussi proposé. ESIPAP (European School of Instrumentation in Particle & Astroparticle Physics) est une école unique au monde. Elle est organisée à Archamps au sein de l'ESI qui accueille par ailleurs l'école JUAS (Joint University Accelerator School). Chaque année elle recrute jusqu'à 32 étudiants dans le monde, en thèse ou en master. L'école dure 8 semaines. Plus de 200 heures de cours sont dispensées par cinquante intervenants et tuteurs, choisis parmi les meilleurs spécialistes mondiaux de l'instrumentation en physique des hautes énergies. La proximité du CERN (où sont organisés des TP), fait que nulle part ailleurs dans le monde ne pourrait se tenir une telle école à un coût maîtrisé. Cette année nous avons reçu ~50 candidatures, parmi lesquelles nous avons retenu 22 étudiants, dont la moitié environ sont en master. L'école est diplômante et pour ce faire, propose des examens aux étudiants. Tous les étudiants en master diplômés d'ESIPAP trouvent un projet de thèse dans la discipline. L'école est reconnue par plusieurs universités (Strasbourg, UGA, Grenoble INP, Göttingen, Bologne ....) qui prennent en compte les évaluations réalisées par ESIPAP dans leurs formations. Pour la cinquième session (ESIPAP'18), nous comptons considérablement étendre notre réseau d'universités affiliées. Pour le futur et eu égard aux difficultés de mise en place de nombreux TP, nous comptons limiter à ~20 étudiants par module le recrutement et élever encore le niveau de sélection. L'ambition d'ESIPAP est de devenir l'école de référence mondiale dans le domaine, de laquelle sortira les futurs leaders de l'instrumentation en physique des hautes énergies.

Cette année, la plateforme unique de physique subatomique de TP de l'UGA et de Grenoble INP a été totalement restructurée en un espace de type openspace. Le coût des travaux est ~230 K€ partagés entre ENIGMASS, l'UGA et Grenoble INP. La plateforme comporte une vingtaine d'expériences diverses, deux salles informatiques dont un simulateur de réacteur nucléaire et sert de support pédagogique à ~500 étudiants à Grenoble. Il est clair que sans le soutien d'ENIGMASS (150 k€), une opération de jeunesse de la sorte n'aurait pas pu avoir lieu.

Le Labex a poursuivi en 2016 sa politique en matière de formation doctorale. Le Labex a ainsi recruté trois doctorants supplémentaires dont les thématiques sont au cœur des objectifs scientifiques du projet : deux thèses ont démarré sur ATLAS (recherche de résonances dans les états finaux  $e^+e^-$  au Run2 et Recherche de nouvelle physique par utilisation des états finaux en W et Z), une thèse a démarré en Astroparticules (théorie) sur les simulations multidimensionnelles des explosions de supernovæ par instabilité de paire).

Les trois candidats sélectionnés proviennent tous de masters étrangers (Allemagne, Grèce, Russie). Plus globalement, depuis le début du Labex, 30% des doctorants ont un master de l'Université Grenoble-Alpes, 20% ont un master français hors Grenoble-Alpes et 50% sont titulaires d'un master étranger (75% UE et 25% Russie).

La procédure de sélection reste inchangée : elle passe par une commission ad hoc composée de représentants des laboratoires et de membres extérieurs qui évalue les dossiers et propose la sélection des candidats retenus (total d'environ 35 dossiers en 2016 avec une très forte internationalisation). L'ouverture des contrats doctoraux fait l'objet d'une large publicité internationale (Inspire-HEP Jobs, CERN Courier, Bright Recruits online).

### Valorisation

Lister les start-up ou entreprises créées depuis le début du projet. *Maximum 1 page - 4 200 caractères.*

Au sein du Labex ont émergé 3 projets de valorisation.

Au LSM, un détecteur sphérique utilisant de l'azote (brevet de CEA/Université Thessalonique,) pour la détection des neutrons thermiques/rapides est en cours de développement avec la société Carmelec. L'objectif est de réaliser un prototype industriel pour répondre à une demande d'EDF. Il s'agirait d'un premier détecteur commercial pouvant mesurer directement les neutrons rapides ainsi que leur spectre en énergie. Différents tests ont été conduits pour optimiser le détecteur et deux types d'étalonnage ont déjà été réalisées : l'une avec les neutrons ambiants à Modane, l'autre avec une source Am-Be à l'université de Thessalonique. L'étape suivante consiste à faire deux autres étalonnages avec deux faisceaux de neutrons à différentes énergies à Grenoble et à Bordeaux. Les premiers résultats ont montré que le détecteur pouvait répondre aux exigences d'EDF en termes de sensibilité.

MIMAC-FASTn est un concept de spectromètre directionnel de neutrons rapides, pour la plage d'énergie [5keV-8MeV], issu d'un développement au LPSC. Les objectifs, dans le cadre du LABEX ENIGMASS, sont : le développement d'un prototype mobile, la démonstration du concept de détection au-dessus de 1MeV, et la structuration du projet en vue d'une valorisation du concept.

Le projet est en phase de pré-maturation et plusieurs objectifs ont été atteints.

- Conception et fabrication d'un démonstrateur mobile.
- Réalisation de 3 tests de ce démonstrateur sur faisceau :
  - Mesure à l'IPNL, de la distribution angulaire des neutrons issus de la réaction ( $^9\text{Be,d}$ )n.
  - Mesure neutronique sur ligne de traitement oculaire, au centre d'hadronthérapie Lacassagne de Nice.
  - Mesure neutronique sur une ligne de traitement X du CHU de Grenoble.
- Démonstration, par simulations GEANT4, que le concept de détection peut être étendu sur une plage en énergie jusqu'à 200 MeV, ce qui fait de ce détecteur l'unique solution mondiale pour détecter des neutrons d'énergie supérieure à 50 MeV.
- Projet retenu en 2015/2016 dans un programme de pré-maturation de la DIRE, sur 1 an, qui a en particulier permis la réalisation d'une pré-étude de marché.

Les travaux réalisés dans le cadre du Labex et de la pré-maturation ont débouché sur une candidature à la SATT LINKSIUM, pour une phase de maturation, en vue de la création d'une start-up. Le projet a été accepté en phase de preview, et sera présenté au Comité d'Investissement le 13/04/2017.

L'équipe LAViSta d'Annecy, responsable de la stabilisation vibratoire de l'aimant QD0 de focalisation finale du futur accélérateur de particules CLIC (Compact Linear Collider), a démontré qu'il n'y a pas de capteurs commerciaux adaptés pour réaliser un contrôle vibratoire d'une telle structure à la spécification requise (0,2 nm RMS@4Hz). De ce fait, l'équipe a développé un capteur de vibrations innovant qui permet de mesurer des déplacements nanométriques sur une large gamme de fréquences [0.15 - 250 Hz]. Ce développement permet de couvrir simultanément les bandes de fréquences des deux principales technologies utilisées : les géophones en basses fréquences et les accéléromètres en hautes fréquences. Ce capteur a prouvé son efficacité lors d'une campagne de mesures au CERN vis-à-vis des meilleurs capteurs commerciaux et a fait l'objet d'un brevet (FR 13 59336). Ce développement a ainsi permis à l'équipe de réaliser récemment une démonstration de faisabilité sans précédent d'un contrôle vibratoire qui répond aux spécifications de CLIC (article de revue en cours d'approbation). En parallèle une action de valorisation a été menée avec la SATT Linksiium et une étude de marché a été réalisée afin de cerner si nos contraintes correspondent à des besoins industriels. Ainsi de nombreuses marques d'intérêts d'industriels ont été reçues, de divers secteurs d'activités et plus particulièrement du génie civil. Néanmoins, le marché identifié à l'échelle internationale représente un volume total de capteurs trop limité pour envisager une issue de valorisation viable. Il a ainsi été décidé de ne pas poursuivre la valorisation de ce capteur de vibrations.

*Le Labex attire chaque année plusieurs doctorants et post-doctorants. Pour chaque annonce de poste nous avons environ 20 demandes pour les thèses et 10-40 pour les post-doctorants. Le Labex attire des nombreux visiteurs, 16 personnes sont venues pour des périodes de 2 semaines à plusieurs mois en 2016. Ces visites favorisent des collaborations à long terme avec des instituts étrangers.*

*Le Labex organise des formations poussées pour les chercheurs et des professeurs prestigieux acceptent de faire des cours concentrés sur 1 voire 2 jours. Le Labex contribue aussi à l'organisation des meetings scientifiques en France et finance l'organisation de conférences et écoles, ex : l'atelier PhysTeV aux Houches ou la conférence GWPAW2017 à Annecy.*

*Deux actions d'envergure destinée à promotion et à la diffusion de la culture scientifique vers le grand public ont été engagées cette année. La première est la réalisation d'un web-documentaire, véritable portail internet d'information et de visite qui sera consacré à la matière noire, l'une de nos thématiques centrales. L'inauguration de cette action aura lieu à la fin de cette année. Elle devrait toucher un très large public. Le coût de cette réalisation est de 50 k€.*

*La deuxième action a été la préparation et la participation à la Nuit des Ondes Gravitationnelles qui s'est tenue le 20 mars 2017. Cette grande manifestation tout public, conjointement organisée par de nombreux sites en France et en Italie, a célébré la découverte des ondes gravitationnelles. Coût de l'opération pour ENIGMASS : 4 k€.*

*Notons aussi la publication de plusieurs livres par l'un de nos professeurs dans lesquels le Labex est explicitement mentionné, exemple : "Big Bang et au-delà », Dunod 2016, ou « De la vérité dans les sciences », Dunod 2016*

### Rayonnement, actions de promotion du Labex

Précisez les cibles et la part de l'aide des moyens consacrés. *Maximum 1 page - 4 200 caractères.*

### FICHIERS ILLUSTRANT L'AVANCEMENT DU PROJET

```
[{"size": "105.085", "name": "Plots1.jpg", "filename": "fu_0_1_e65u13wjm6r6yhj.jpg", "ext": ".jpg"}, {"size": "176.539", "name": "Plots2.jpg", "filename": "fu_1_1_e65u13wjm6r6yhj.jpg", "ext": ".jpg"}]
```

2

### RELATIONS AVEC L'IDEX (A NE COMPLETER QUE PAR LES LABEX IN IDEX)

**Décrire  
l'intégration du  
Labex dans l'Idex  
et le rôle  
d'animation de  
l'Idex**

Maximum 1 page - 4  
200 caractères.

En 2012 année de démarrage du Labex, il n'y avait pas d'IDEX sur le site grenoblois. L'Idex de l'Université Grenoble-Alpes a été obtenu fin 2015 et les premiers appels d'offres, auxquels le Labex répond ont été publiés au premier semestre 2016. Le Labex ENIGMASS a servi de catalyseur d'abord à la synergie et la structuration de ses 4 laboratoires membres dont la collaboration s'est beaucoup renforcée. Tous les Labex du site et celui-ci en particulier, ont joué un rôle structurant du domaine de la recherche, pour faire aboutir le projet de fusion des universités grenobloises et l'obtention de l'Idex. Nous étions particulièrement actifs pour définir et réaliser le pôle de recherche PAGE (Physique des particules Astrophysique Géosciences et Environnement) qui s'est bâti autour de deux Labex ENIGMASS et OSUG2020. Aujourd'hui le Labex se trouve entièrement intégré dans le pôle de recherche PAGE dont il peut influencer la politique scientifique. La synergie des laboratoires mise en place par la politique du Labex laisse envisager dans un avenir très proche la création d'une fédération autour des thèmes élargis du Labex. Le Labex a bien sûr apporté un nombre important d'étudiants, post-doctorants et visiteurs étrangers, renforçant nos équipes. Mais sa plus grande réussite est la structuration de notre discipline au sein de l'Université UGA lui permettant de faire face à un milieu international très compétitif.

**LISTE DES 10 PUBLICATIONS MAJEURES DU PROJET :**

1. **Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration, Physical Review Letters, American Physical Society, 2016, 116 (6), pp.061102.**
  2. Measurement of the  $^{116}\text{Cd}$  Decay Half-Life and Search for the  $^{116}\text{Cd}$  Decay of  $^{116}\text{Cd}$  with the NEMO-3 Detector By NEMO-3 Collaboration (R. Arnold et al.). Phys.Rev. D95 (2017) no.1, 012007.
  3. Measurement of the CKM angle  $\gamma$  from a combination of LHCb results By LHCb Collaboration (Roel Aaij et al.). JHEP 1612 (2016) 087.
  4. Angular analysis of the  $B^0 \rightarrow K^+ \mu^- \mu^-$  decay using 3 fb $^{-1}$  of integrated luminosity By LHCb Collaboration (Roel Aaij et al.). JHEP 1602 (2016) 104.
  5. Antiproton Flux, Antiproton-to-Proton Flux Ratio, and Properties of Elementary Particle Fluxes in Primary Cosmic Rays Measured with the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station By AMS Collaboration (M. Aguilar et al.). Phys.Rev.Lett. 117 (2016) no.9, 091103.
  6. One jet to rule them all: monojet constraints and invisible decays of a 750 GeV diphoton resonance By Daniele Barducci, Andreas Goudelis, Suchita Kulkarni, Dipan Sengupta. JHEP 1605 (2016) 154.
  7. Could the width of the diphoton anomaly signal a three-body decay? By Jérémy Bernon, Christopher Smith. Phys.Lett. B757 (2016) 148-153.
  8. A Dark Sector for  $g_{\mu-2}$ ,  $R_K$  and a Diphoton Resonance By Geneviève Bélanger, Cédric Delaunay. Phys.Rev. D94 (2016) no.7, 075019.
  9. A fresh look at linear cosmological constraints on a decaying dark matter component By Vivian Poulin, Pasquale D. Serpico, Julien Lesgourgues. JCAP 1608 (2016) no.08, 036.
  10. Dark Matter directional detection: comparison of the track direction determination By C. Couturier, J.P. Zopounidis, N. Sauzet, F. Naraghi, D. Santos. JCAP 1701 (2017) no.01, 027.
- La collaboration ATLAS compte tenu du grand nombre d'institut et auteurs ne remercie pas et ne mentionne pas les Labex. Pourtant c'est la plus grande contribution des nos équipes.  
La 1ere publication citée ne mentionne pas le labex, toutefois nous y avons contribué significativement.  
Toutes les autres publications ci dessus mentionnent le Labex explicitement.

Renseigner la liste des 10 publications majeures publiées dans les revues référencées dans le web of science au cours de l'année. Seules les publications effectives (avec date de publication) doivent être listées. Maximum 1,5 page - 6 300 caractères :

**COMMENTAIRES LIBRES / FREE COMMENTS**

Ces commentaires libres porteront sur le suivi des recommandations du jury du point d'étape 2015 et les plans d'actions. Ils peuvent également porter sur les indicateurs fournis, sur les aspects financiers sur le projet lui-même et sa trajectoire. Maximum 1 page - 4 200 caractères.

Le Labex arrive à sa « fin » technique étant donné que l'ensemble des crédits sont virtuellement engagés. Toutefois le dynamisme engendré par le Labex est en plein développement. Une fédération de recherche avec les quatre partenaires se met en place et devrait s'affirmer comme une réelle force motrice au sein de l'Idex, à condition que les financements continuent. Suite aux recommandations de l'évaluation à mi-terme, nous avons recentré nos activités impliquant au moins deux partenaires et maximisant l'impact du Labex. Sur le plan scientifique, grâce au Labex nous avons développé un nouvel axe de R&D, à la pointe de plusieurs technologies et inexistant auparavant au sein de nos laboratoires : La conception et réalisation des détecteurs en silicium pour la réalisation de trajectographes. Nous avons consolidé un axe de recherche sur la physique des neutrinos en initiant deux programmes de R&D pour le futur et une expérience qui prend de données dès aujourd'hui à l'ILL à Grenoble. Nos doctorants et post doctorants jouent un rôle majeur dans l'analyse des données du LHC, et plusieurs de nos résultats sont inclus dans des publications prestigieuses et présentés partout dans le monde. En physique des astroparticules nous soutenons plusieurs programmes et nous avons réussi à démarrer la cosmologie observationnelle à Annecy, qui n'existait pas. Il nous reste à développer des analyses combinées entre plusieurs expériences. Enfin nous soutenons certains projets à fort risque et fort potentiel en cas de réussite comme l'expérience de recherche de matière noire, MIMAC. Un grand effort est aussi mis sur l'éducation et nous préparons le nouvel appel d'offre sur les EUR.

**INDICATEURS**

**Reconnaissance scientifique :**

2016[ERC*]	0
2016[Médailles CNRS]	1

2016[IUF**]	0
<b>Indiquer les noms des Lauréats ERC au titre de 2016 :</b>	
Starting grants :	0
Consolidator grants :	0
Advanced grants :	0
<b>Autre Prix ou distinction scientifique :</b> <i>Le Labex est libre de signaler dans ce paragraphe toute distinction qu'il lui semblerait utile de porter à la connaissance de l'ANR. Maximum une demie page (3400 caractères).</i>	<p>En 2016 la collaboration LIGO-Virgo a reçu le Special Breakthrough Prize in Fundamental Physics et le Gruber Cosmology Prize.</p> <p>Une médaille de bronze du CNRS en 2016. En 2017 On sait déjà que nous avons une médaille d'argent et un cristal.</p>
<b>Publications :</b>	
2016[Nombre de publications dans des revues internationales]	76
2016[Nombre de monographies, d'ouvrages collectifs, d'actes... ]	4
<b>Etudiants en Master (participant au développement scientifique des axes du Labex) :</b>	
2016	10
<b>Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2016) -</b>	
Chercheurs (dont IGR)[Nb de personnes physiques]	78
Chercheurs (dont IGR)[ETPT]	67.78
Enseignants chercheurs [Nb de personnes physiques]	26
Enseignants chercheurs [ETPT]	11.75
Personnels de soutien[Nb de personnes physiques]	139
Personnels de soutien[ETPT]	98.28
<b>Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2016) -</b>	
Chercheurs (dont IGR)[Post-doctorants : Nb de personnes physiques]	19
Chercheurs (dont IGR)[Post-doctorants : ETPT]	8.48
Chercheurs (dont IGR)[Doctorants : Nb de personnes physiques]	16
Chercheurs (dont IGR)[Doctorants : ETPT]	7.31
<b>Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2016) -</b>	
Chercheurs (dont IGR)[Autres : Nb de personnes physiques]	29
Chercheurs (dont IGR)[Autres : ETPT]	10.75

Enseignants chercheurs [Autres : Nb de personnes physiques]	0
Enseignants chercheurs [Autres : ETPT]	0
Personnels de soutien [Autres : Nb de personnes physiques]	19
Personnels de soutien [Autres : ETPT]	8.27

**Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2016) -**

Chercheurs (dont IGR)[Nb de personnes physiques]	0
Chercheurs (dont IGR)[ETPT]	0
Personnels de soutien [Nb de personnes physiques]	0
Personnels de soutien [ETPT]	0

**Doctorants :**

2016[Nombre de thèses initiées dont le financement est entièrement assuré par le Labex]	3
2016[Nombre de thèses initiées co-financées à 50% ou plus par le Labex]	0
2016[Nombre de thèses CIFRE initiées ]	0
2016[Nombre de thèses soutenues dont le financement est entièrement assuré par le Labex]	3
2016[Nombre de thèses soutenues co-financées à 50% ou plus par le Labex]	0
2016[Nombre de thèses CIFRE soutenues]	0
2016[Nombre de thèses en cours dans le Labex (quel que soit le type de financement)]	9

**Dont:** *(ayant effectués leur M2 ou équivalent dans une autre université que celle où ils sont inscrits en thèse)*

2016[Pourcentage (%) de doctorants financés à 50% ou plus par le Labex ayant effectué leur M2 ou équivalent dans une université étrangère]	50
--	----

2016[Pourcentage (%) de doctorants financés à 50% ou plus par le Labex ayant effectué leur M2 ou équivalent dans une autre université française]	50
<i>(au moins à 50%)</i>	
2013[1-Nombre de thèses soutenues]	0
2013[2-Nombre Enseignant chercheur]	0
2013[3-Nombre chercheur public]	0
2013[4-Nombre chercheur privé]	0
2013[5-Nombre Post-doc]	0
2013[6-Nombre Recherche emploi ]	0
2013[7-Nombre Autre]	0
2013[Dont travail à l'étranger]	0
2014[1-Nombre de thèses soutenues]	0
2014[2-Nombre Enseignant chercheur]	0
2014[3-Nombre chercheur public]	0
2014[4-Nombre chercheur privé]	0
2014[5-Nombre Post-doc]	0
2014[6-Nombre Recherche emploi ]	0
2014[7-Nombre Autre]	0
2014[Dont travail à l'étranger]	0
2015[1-Nombre de thèses soutenues]	4
2015[2-Nombre Enseignant chercheur]	0
2015[3-Nombre chercheur public]	0
2015[4-Nombre chercheur privé]	0
2015[5-Nombre Post-doc]	4
2015[6-Nombre Recherche emploi ]	0
2015[7-Nombre Autre]	0
2015[Dont travail à l'étranger]	0
2016[1-Nombre de thèses soutenues]	3
2016[2-Nombre Enseignant chercheur]	0
2016[3-Nombre chercheur public]	0
2016[4-Nombre chercheur privé]	0
2016[5-Nombre Post-doc]	2
2016[6-Nombre Recherche emploi ]	1
2016[7-Nombre Autre]	0

2016[Dont travail à l'étranger]	0
<b>Post-Doctorants :</b>	
2016[Nombre total de Post-doctorants (personnes physiques)]	17
2016[Dont Nombre de Post-doctorants étrangers recrutés à l'étranger (personnes physiques)]	12
<b>Professeurs invités :</b>	
2016[Nombre de Professeurs invités]	34
2016[Somme des mois effectués par des professeurs invités]	25
<b>Valorisation et ressources propres :</b>	
<i>Nombre de brevets déposés dans l'année sur les travaux financés par le Labex :</i>	
2016	0
<b>Création Start-Up, Entreprises :</b>	
2016[Nombre de Start-up ]	0
2016[Dont nombre de start-up ayant une activité économique]	0
2015[Nombre de Start-up ]	0
2015[Dont nombre de start-up ayant une activité économique]	0
2014[Nombre de Start-up ]	0
2014[Dont nombre de start-up ayant une activité économique]	0
2013[Nombre de Start-up ]	0
2013[Dont nombre de start-up ayant une activité économique]	0
2012[Nombre de Start-up ]	0
2012[Dont nombre de start-up ayant une activité économique]	0

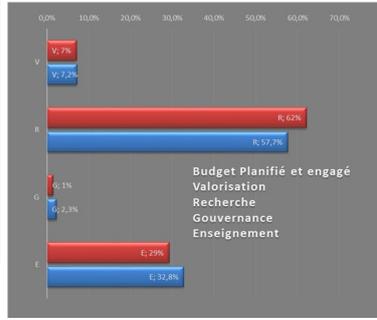
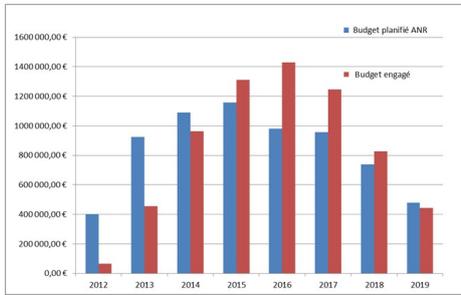
#### VALIDATION

En cochant cette case je certifie avoir complété l'ensemble des informations concernant le projet :	Oui
---	-----

#### COFINANCEMENTS PAR ETABLISSEMENT PARTENAIRE6

Etablissement Coordinateur / Partenaire ayant obtenu le financement	Type cofinancier	Nom cofinancier	Nature / Objet du financement	Montant sur lequel le cofinancier s'est engagé sur la durée du projet (en €)	Montants perçus en 2016 (en €)
CNRS - LAPP	PUBLIC-ANR	ANR	STEREO ANR blanc 2013	480513	192232
CNRS - LPSC	PUBLIC-ANR	ANR	STEREO ANR blanc 2013	243880	141042
CNRS - LAPP	PUBLIC-COLLECTIVITES	Département Haute-Savoie	CLIC stabilisation	187500	65000
CNRS - LPSC	PUBLIC-ANR	ANR	DMAstroLHC ANR blanc 2012	202669	62214
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ANR	ANR	DMAstroLHC ANR blanc 2012	260391	60960
CNRS - LAPP	PUBLIC-COLLECTIVITES	Département Haute-Savoie	CIPHEA (accueil de chercheurs)	264000	50000
CNRS - LPSC	PRIVE-AUTRE	CNES	PLANCK CNES - INSU	38590	38590
CNRS - LPSC	PUBLIC-ADMINISTRATION	Université Grenoble Alpes	AGIR 2015 - ALPIX	20000	20000
CNRS - LPSC	PUBLIC-ANR	ANR	n2EDM - ANR Blanc 2014	192400	19281
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ADMINISTRATION	CNRS	LIA THEP (France - Inde)	20000	15000
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ANR	ANR	StrongInt ANR blanc 2011	130063	14068
CNRS - LPSC	PUBLIC-ADMINISTRATION	CNRS	GDRI P2IM Maroc	11300	11300
CNRS - LAPP	PUBLIC-ANR	ANR	DMAstroLHC ANR blanc 2012	42692	10214
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ADMINISTRATION	IUF	IUF P. SALATI	59000	10111
CNRS - LAPP	PUBLIC-ADMINISTRATION	Université Savoie Mont Blanc	AAP 2016 - ACTU	10000	10000
CNRS - LAPP	PUBLIC-ADMINISTRATION	Université Savoie Mont Blanc	AAP 2016 - CTASC	10000	10000
CNRS - LAPP	PRIVE-AUTRE	CNES	Convention AMS	9941	9941
CNRS - LPSC	PUBLIC-ADMINISTRATION	CNRS	Coop. France - Russie	7285	7285
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ADMINISTRATION	IUF	IUF E. SOKATCHEV	62000	6640
CNRS - LAPP	PUBLIC-ANR	ANR	ExSqueeze ANR 2015	76960	5415
CNRS - LPSC	PUBLIC-ANR	ANR	NIKA2SKY - ANR 2015	17925	4101
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ADMINISTRATION	USMB	AAP CAPO	10000	4000
CNRS - LPSC	PRIVE-AUTRE	CNES	CMB	3700	3700
CNRS - LPSC	PUBLIC-ADMINISTRATION	CNRS	PICS Suède	3500	3500
CNRS - LPSC	PUBLIC-ADMINISTRATION	CNRS	PICS Liban	3300	3300
CNRS - LAPTH	PUBLIC-ADMINISTRATION	USMB	AAP HPLHC	6000	3000
TOTAUX				2373609	780894

IMAGES ATTACHÉES



Exécution du budget ENIGMASS en fonction de l'année et de l'entité  
99% du budget est engagé jusqu'en fin 2019

Images attachées à l'avancement du projet :

Suivi du personnel du Labex ENIGMASS  
Tous les recrutements jusqu'en 2019 sont réalisés

