

Questionnaire à retourner avant le **1^{er} mars 2017** à christian.chardonnet@recherche.gouv.fr

Le questionnaire ci-dessous a pour but d'éclairer le Ministère sur les besoins prioritaires d'infrastructures de recherche en cohérence avec le processus déjà initié de mise à jour de la feuille de route des infrastructures de recherche et en amont de l'action « équipements structurants pour la recherche » du PIA-3.

Les besoins exprimés peuvent être :

INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE : EXPRESSION DES BESOINS

- soit de nouveaux équipements permettant d'ouvrir des ruptures scientifiques et/ou technologiques au sein d'une infrastructure de recherche référencée dans la stratégie nationale des infrastructures de recherche publiée en mars 2016 ou candidate à l'entrée en 2018 sur la feuille de route nationale ;
- soit un nouveau projet d'infrastructure de recherche qui devra être candidat au référencement lors d'une prochaine mise à jour (2018 ou 2020) de la feuille de route.

Il est rappelé que la prise en compte de la mise à disposition des données de la recherche produites par les infrastructures est à présent un élément important de la stratégie nationale des infrastructures de recherche.

A. IDENTIFICATION DU PROJET :

1.	Acronyme du projet d'équipement KM3NeT-ORCA
2.	Titre complet du projet d'équipement Observatoire pluridisciplinaire sous-marin Neutrinos, Mer, Terre et Environnement
3.1	Etablissement(s) porteur(s) de la demande : CNRS-IN2P3
3.2	Autres établissements partenaires : Etablissements : CNRS, AMU, UTLN, UCBL, OCA, Paris Diderot, Unistra, UCA, UN et IMT, [Ifremer (à travers EMSO)] Laboratoires : CPPM (porteur et laboratoire hôte), APC, IPHC, LPC, Subatech [neutrinos] MIO, DT-INSU, LSIS, Geoazur, IPNL [environnement] Collaborations internationales : KM3NeT, EMSO, Chantier Méditerranée
4.	Point de contact du projet :
4.1	Prénom et Nom : Paschal Coyle, CPPM
4.2	Adresse mail : coyle@cppm.in2p3.fr
4.3	Téléphone : 0491827253
5.	S'agit-il d'une jouvence ou upgrade d'une infrastructure de recherche existante ? Oui
5.1	Si oui, acronyme de l'infrastructure de recherche (reprendre le nom utilisé dans le document de la stratégie nationale, si l'infrastructure y est référencée) KM3NeT
5.2	Titre complet de l'infrastructure de recherche: Kilometer Cube Neutrino Telescope (http://www.km3net.org/)

B. DESCRIPTION DU PROJET

1. S'il s'agit d'un nouveau projet d'infrastructure, indiquer les attendus dans le tableau ci-après.
2. Si le projet est un upgrade d'une infrastructure existante, rappeler les grandes caractéristiques de l'infrastructure telle qu'elle existe aujourd'hui en remplissant le tableau ci-après.

1.	<p>Missions de l'infrastructure (1000 caractères max)</p> <p>Construction et exploitation d'un observatoire câblé multi-sites de 2nde génération dans les abysses méditerranéennes, pour l'ouverture d'une nouvelle fenêtre d'observation sur l'Univers, l'étude des propriétés des particules élémentaires (neutrinos) et les sciences de la Mer, de la Terre et de l'Environnement. Cette plate-forme constitue un effort majeur de la communauté scientifique européenne pour développer l'astronomie multi-messagers qui est un enjeu fondamental pour l'astrophysique du 21^e siècle. Elle offre aussi des opportunités nouvelles de collaborations pluridisciplinaires internationales avec les sciences de la Terre, de la Mer et de l'Environnement afin de relever les défis environnementaux mondiaux liés à la complexité des systèmes physiques, biologiques, chimiques et géologiques sous-marins, en particulier en lien avec le climat, la biodiversité et les risques.</p>
2.	<p>Objectifs stratégiques de l'infrastructure (1500 caractères max)</p> <p>La partie française de l'infrastructure KM3NeT (KM3NeT-Fr) est une plateforme pluridisciplinaire unique positionnée comme un pôle d'attractivité scientifique et technologique de rang mondial, pour l'étude des neutrinos et de l'Univers, de l'environnement marin et des risques associés. Basée sur la rupture technologique que fournit un réseau de capteurs distribués connectés en temps-réel à une infrastructure sous-marine haut-débit reliée à la côte de manière permanente, c'est une opportunité unique de consolider le leadership, le rayonnement et l'attractivité de la Région PACA dans ces domaines.</p> <p>IceCube a récemment confirmé l'existence de neutrinos cosmiques, mais n'a pu en identifier les sources. L'infrastructure KM3NeT, optimalement adaptée à l'observation des sources de neutrinos dans l'Univers et à la détermination de la hiérarchie de masse des neutrinos (KM3NeT-Fr), est un instrument essentiel pour permettre des avancées majeures dans notre compréhension de l'Univers et de la physique des neutrinos. Elle contribuera sur sa partie environnementale à la SRI de la Région PACA dans la thématique « Risques, Sécurité, Sureté ».</p> <p>Labellisée par le Pôle Mer et par le Ministère dans le cadre du CPER, elle est intégrée aux projets Grande Rade et Technopôle de la Mer de TPM. Elle apportera au Technopôle un fort volet de recherche internationale de premier plan en l'associant aux initiatives européennes d'observatoires de fond de mer (KM3NeT et EMSO) prioritaires (ESFRI et APPEC).</p>

3.	<p>Principaux équipements mis en place pour atteindre ces objectifs</p> <p>La lumière Tcherenkov produite par les neutrinos est détectée par une matrice 3-dimensionnelle de modules optiques digitaux («Digital Optical Modules» ou DOMs) constitués de 31 tubes photomultiplicateurs de 3" intégrés dans une sphère de verre résistante à la pression ambiante en fond de mer. Les DOMs sont positionnés dans l'espace le long de lignes flexibles, verticales, ancrées sur le fond marin. La distribution de la puissance, le contrôle-commande du détecteur et la lecture des données sont assurés par l'intermédiaire d'un câble électro-optique sous-marin de télécommunication reliant le détecteur à la station de contrôle terrestre.</p> <p>Le détecteur du site KM3NeT-France, nommé aussi ORCA (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss), sera déployé à une profondeur de 2500m, à 40km au Sud de la côte Toulonnaise. Il a une configuration « dense » (distance horizontale typique entre les lignes de 20m et espacement vertical entre les DOMs de 9m) optimisée pour la détection des neutrinos atmosphériques de basse énergie (3-20 GeV). Le module de détection qui sera déployé comprend 5 nœuds + 115 lignes de détection et correspond à un volume instrumenté équivalent à 5.7Mt d'eau. Les installations de soutien au site KM3NeT-France comprennent une station de contrôle terrestre, bâtiment qui héberge une ferme d'ordinateurs.</p> <p>Le détecteur du site KM3NeT-Italie (profondeur de 3400m), est une configuration « éparse » (distance horizontale typique entre les lignes de 90m et espacement vertical entre les DOMs de 36m) optimisée pour la détection des neutrinos cosmiques dans la gamme d'énergie 1 TeV-10 PeV. Deux modules de détection comprenant 2*115 lignes sera déployé, correspondant à un volume d'eau instrumenté de 1.2Gt. La technologie de détection (DOMs, lignes, câbles) du site KM3NeT-Italie est identique à celle du site Français.</p> <p>Chacun des deux sites KM3NeT est également un nœud du réseau « European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory » (EMSO). Les deux infrastructures sous marines incluent des ports de connexion dévolus aux senseurs environnementaux. Pour ce qui concerne l'infrastructure française, le volet environnemental inclut une matrice tridimensionnelle de détection optique (PMTs) et sonore (hydrophones large bande) afin de pouvoir réaliser des mesures de bioluminescence, et faire l'étude et le suivi en temps réel de tous types de mammifères marins présents sur et autour du site; une Boite de Jonction Secondaire à laquelle se connecteront : un robot benthique, une bio-caméra, un détecteur Germanium pour le suivi de la radioactivité, et un sismomètre; une ligne environnementale (ALBATROSS) mobile ainsi qu'une ligne "Instrumentation Unit" (IU) fixe équipant la colonne d'eau avec différents types de capteurs environnementaux.</p>
4.	<p>Domaines scientifiques principaux et secondaires couverts par l'infrastructure (utiliser la nomenclature de la feuille de route 2016 : SHS, SSTE, ENE, B&S, SMI, PNHE, AA, STNM, IST)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Etude des propriétés fondamentales des particules, et plus particulièrement mesure de la hiérarchie de masse des neutrinos à l'aide du flux de neutrinos atmosphériques de basse énergie (site français). - PNHE

	<p>2. Ouverture d'une nouvelle fenêtre d'observation sur la Galaxie et l'univers lointain, et plus particulièrement identification de sources cosmiques de neutrinos de haute énergie pour mieux comprendre le rayonnement cosmique (site italien). L'observation de l'univers avec des neutrinos, nouvelles sondes astrophysiques, s'inscrit dans une démarche multi-messagers (association des signaux avec ceux des antennes gravitationnelles, photons de haute énergie détectés au sol et dans l'espace, rayons cosmiques de très haute énergie) indispensable à une compréhension profonde des phénomènes cosmiques. - PNHE</p> <p>3. Recherche indirecte de la Matière Noire de l'Univers. - PNHE</p> <p>4. La technologie développée pour KM3NeT permet une surveillance permanente des phénomènes cosmiques transitoires comme les supernovae. - AA</p> <p>5. La détection de neutrinos ayant traversé la Terre offre des perspectives uniques pour étudier l'intérieur de la Terre (composition, tomographie). - SSTE</p> <p>6. Etudes des systèmes physiques, biologiques, chimiques et géologiques des abysses méditerranéennes (ex. bioacoustique, océanographie, sismologie, bioluminescence, etc). Infrastructure unique en son genre, en ce qu'elle permet l'association de plusieurs séries de données océanographiques (par exemple vitesse des courants, salinité, oxygène, température, radioactivité, bioluminescence) pour établir des corrélations entre ces paramètres à une échelle de taille significative. - SSTE</p> <p>7. Développement des technologies marines (par exemple connecteurs innovants « wet-mate » et « dry-mate ») – SSTE, SMI, ENE</p>
<p>5.</p>	<p>Indiquer le nombre d'utilisateurs académiques actuels (ou attendus) :</p> <p>-au niveau national : 0-100, 100-200, 200-300, 300-400, 400-500 , 500-700, 700-1000, 1000-1500, 1500-2000, 2000-3000, 3000-4000, 4000-5000, >5000</p> <p>0-100</p> <p>-au niveau international : 0-100, 100-200, 200-300, 300-400, 400-500 , 500-700, 700-1000, 1000-1500, 1500-2000, 2000-3000, 3000-4000, 4000-5000, >5000</p> <p>200-300</p>
<p>6.</p>	<p>Spécificités de l'infrastructure par rapport aux infrastructures existantes dans le même domaine scientifique ou technologique au niveau national, européen et international si applicable (1000 caractères max)</p> <p>Le site KM3NeT-France, permettra une mesure de la hiérarchie de masse des neutrinos (HMN) avec une sensibilité au niveau de 3 déviations standard en 3 ans, ce qui le positionnera bien en avance en comparaison aux autres expériences en compétition à</p>

	<p>travers le monde (PINGU, JUNO, DUNE). La détermination de la HMN est d'une importance fondamentale pour contraindre les modèles qui cherchent à expliquer l'origine des masses dans le secteur leptonique du Modèle Standard des particules.</p> <p>Avec l'amélioration de sa sensibilité par un facteur ~50 par rapport à ANTARES, KM3NeT sera le plus grand télescope à neutrinos au monde et aura une sensibilité supérieure à celle d'IceCube. (Les propriétés optiques de l'eau confèrent à KM3NeT un pouvoir de pointage nettement supérieur à celui de IceCube de part la diffusion de la lumière dans la glace). KM3NeT a une excellente couverture du Ciel austral et a ainsi une vision du ciel complémentaire à celle d'IceCube. Son champ de vue est idéal pour l'étude de la région du centre Galactique.</p> <p>La collaboration avec la communauté KM3NeT fournit aux scientifiques du milieu marin (EMSO et autres) des possibilités sans précédent d'études interdisciplinaires des systèmes complexes Terre-Océan avec: accès à une puissance électrique élevée, accès à un haut débit, longue durée de vie, haute résolution temporelle, la connectivité réseau, interactivité, pôles de développement technologique et l'interdisciplinarité. A terme l'infrastructure aura une échelle équivalente à l'observatoire sous-marin NEPTUNE au large de la côte pacifique du Canada.</p> <p>Le projet a été labellisé par le Pôle Mer Méditerranée (oct. 2014) et par le Ministère dans le cadre du CPER.</p>
Production et Gestion des Données de la Recherche	
7.	<p>Votre infrastructure stocke-t-elle des données ? Si oui,</p> <p>quel est le volume actuel ? 0-10To, 10To-50To, 50To-100To, 100To-500To, 500To-1Po, 1Po-2Po, 2Po-5Po, >5Po/</p> <p>8 TB/yr</p> <p>quel est le volume prévisible à 5 ans ? 0-10To, 10To-50To, 50To-100To, 100To-500To, 500To-1Po, 1Po-2Po, 2Po-5Po, 5Po-10Po, 10Po-20Po, 20Po-50Po, >50Po</p> <p>106 TB/an pour 115 lignes (KM3NeT-Fr)+212 TB/an pour 230 lignes (KM3NeT-It)</p> <p>Quelle est la durée de ce stockage ?</p> <p>30 ans</p> <p>Avez-vous une fonction d'archivage, de stockage pérenne ? Quelles sont les mesures de préservation utilisées ?</p> <p>Les données sélectionnées sont transférées au Centre de Calcul de Villeurbanne (CC-IN2P3) qui fournit les moyens de stockage et de traitement principal des données.</p>
8.	<p>Existe-t-il une durée d'embargo au-delà de laquelle les données produites et/ou gérées par votre infrastructure deviennent accessibles à d'autres que ceux qui les ont obtenues</p>

	<p>? Si oui, quelle est cette durée ?</p> <p>Les données seront rendues publiques à travers un site Web avec un délai d'environ deux ans, dans un format exploitable par la communauté scientifique. Les données environnementales seront immédiatement accessibles aux communautés des géosciences, du suivi climatique et de biodiversité à travers la plateforme Mistrals SEDOO (http://mistrals.sedoo.fr/MEUST/)</p>
9.	<p>Avez-vous des contraintes contractuelles, légales et/ou éthiques quant à la diffusion de données que vous produisez et/ou gérez ? non</p>

3. Dans le cas d'un upgrade, préciser en quoi il permettra des ruptures scientifiques et/ou technologiques pour l'infrastructure de recherche concernée (2000 caractères max).

Il contribuera à consolider la sensibilité de l'infrastructure pour : mesurer la hiérarchie de masse des neutrinos et ouvrir une nouvelle fenêtre d'observation de l'Univers, en utilisant toutes les saveurs de neutrinos.

La détection de neutrinos est une sonde unique pour étudier la composition de la Terre. L'infrastructure permettra le suivi en temps réel de tous types de cétacés, d'en cataloguer et étudier : tailles, temps d'immersion, profondeurs de plongée, activité ; de corréler leur comportement aux bruits sous-marins (trafic maritime, exploitation industrielle du fond marin, ...) ; d'être un outil d'alerte pour éviter les collisions avec des navires. Elle réalisera l'acquisition en temps réel de capteurs environnementaux distribués sur le fond (Benthos) et la hauteur d'eau (Pelagos) : capteur sismique pour étendre en mer le réseau de surveillance de la côte provençale ; biocaméra, pour suivre et identifier les formes de vie bioluminescentes ; détecteur Ge pour identifier et suivre l'évolution des isotopes radioactifs ; robot benthique équipé de sondes et analyseurs, pendant des mesures pélagiques de la ligne mobile (ALBATROSS) et fixe (IU) bardées de capteurs environnementaux, pour : coupler Pelagos-Benthos dans l'étude du flux de matière et carbone (impact du réchauffement climatique) - effectuer : le suivi de la dynamique physico-chimique de la matrice sédimentaire, de l'acidification, de l'évolution de la température et de l'oxygénation des eaux profondes ; de l'impact des convections sur les écosystèmes profonds (charges particulières, biodiversité) - réaliser des expérimentations de biodégradation d'hydrocarbures et de déchets solides en suivant à long-terme l'évolution des communautés benthiques (micro-, méio- et macro-organismes).

Des partenariats industriels ont déjà débouché sur des partages de savoir-faire et collaborations. L'industrialisation de nouveaux connecteurs sous-marins hybrides offrira des perspectives de création d'emplois.

C. BUDGET ESTIMATIF DU PROJET

INVESTISSEMENT

Montant estimatif de l'investissement total : KM3NeT-Fr Phase 1+Phase 2: 49 M€

Origine et montant des co-financements envisagés (si pertinent)

Demande de financement envisagée :

Le site KM3NeT-Fr a pour objectif de mettre en œuvre un détecteur pour la mesure de la hiérarchie de masse des neutrinos (ORCA) en utilisant les neutrinos atmosphériques. La configuration de ce détecteur, a été optimisée pour permettre d'être les premiers dans la compétition internationale pour effectuer cette mesure. Le conseil scientifique de l'IN2P3 a récemment exprimé son soutien à ce volet de KM3NeT et souligné l'importance d'un déploiement selon un agenda aussi serré que possible. Le détecteur ORCA est composé de 2 câbles sous-marins électro-optique principaux (MEOC - 1 nouveau + celui récupéré d'ANTARES qui sera démantelé en 2017), et 5 nœuds de connexion auxquels sont connectés 24 lignes de détection, pour un total de 120 lignes. Deux phases de déploiement pour ORCA sont prévus.

Phase 1 de KM3NeT-Fr : 1 nouveau MEOC + 1 nœud+ 7 lignes de détection, déjà financés par la France (7M€-CNRS/FEDER) et les Pays-Bas (6 lignes de détection), pour un total de 9 M€. Cette configuration est en cours d'installation.

Phase 2 de KM3NeT-Fr : MEOC ANTARES et 4 nœuds + 113 lignes de détection supplémentaires, correspondant à coût de 40 M€. Des demandes de financement sont en cours: France (8.1M€-CNRS/CPER/FEDER, dont 7,2 acquis sur la partie ORCA de l'infrastructure), Pays-Bas (7 M€ en cours), Canada (2.2 M€ en cours), Allemagne (0,6 M€ en cours), pour un total de 17 M€. Des discussions sont également en cours avec d'autres pays (Espagne, Maroc, Pologne, Roumanie, UK, Corée du sud, ...).

Du fait de l'importance du positionnement de la France dans cette infrastructure dont elle est site hôte, et de l'importance d'avoir le détecteur ORCA complet ou très significativement instrumenté au plus tôt, la demande au PIA-3 est faite selon deux scénarios suivant les financements disponibles pour participer à la finalisation ou à l'accomplissement d'une partie très significative de la phase 2 :

- 23 M€ permettrait de compléter ORCA dans sa configuration finale de 120 lignes de détection en complément des financements acquis (ou très probables)
- 19 M€ permettrait de compléter l'infrastructure sous-marine (5 nœuds de connexion) et d'avoir le détecteur ORCA instrumenté de 100 lignes de détection ce qui serait une taille significative pour démarrer la mesure de la hiérarchie de masse. Le réseau serait ensuite complété à 120 lignes à travers le potentiel financement de nouveaux partenaires.

FONCTIONNEMENT

Estimation du coût annuel de fonctionnement : KM3NeT-Fr : 400k€

Préciser les institutions contributrices et leur quote-part

Les quotes-parts du coût de fonctionnement sont définis dans le MOU de la Collaboration KM3NeT. Ils sont proportionnels au nombre de signatures (avec PhD) dans les publications.

Italie (43.2%), Grèce (8.1%), France (17.6%), Pays-Bas (8.1%), Allemagne (12.2%), Espagne (8.1%), Maroc (1.4%), Pologne (1.4%).

(Dans le cas d'un upgrade, il s'agira des coûts de fonctionnement supplémentaires)

PERSONNEL

Estimation du personnel (en ETPT) nécessaire pour le projet et le niveau de qualification.

IMPLICATION FRANÇAISE

Neutrinos:

37/an (Physiciens, ingénieurs)

Environnemental :

7,5/an (Scientifiques – sciences environnementales et physiciens)

7,1/an (Ingénieurs – IR et IE)

1,3/an (AI et T)

Gestion administrative : 0,3/an

Soit un total de 53,2 ETPT/an

(Dans le cas d'un upgrade, il s'agira des personnels supplémentaires)