

CONSEIL D'ADMINISTRATION D'AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

DÉLIBÉRATION n° 2019/06/25-01

Le **conseil d'administration**, en sa séance du 25 juin 2019, sous la présidence d'Yvon BERLAND, Président,

Vu le Code de l'Education,

Vu les statuts modifiés d'Aix-Marseille Université,

Vu l'avis du conseil académique en date du 21 juin 2019 portant sur l'objet de la présente délibération,

DÉCIDE :

OBJET : création d'instituts d'établissement

Le conseil d'administration approuve la création de cinq instituts d'établissement dont les projets sont annexés à la présente délibération.

Cette délibération est adoptée par 26 voix pour et 5 abstentions.

Membres en exercice : 36

Quorum : 18

Présents et représentés : 31

Fait à Marseille, le 25 juin 2019

Yvon BERLAND
Président d'Aix-Marseille Université



INSTITUT ARCHIMÈDE

Acronyme du projet : Archimède

Titre en français / anglais : Archimède / Archimède

Responsables du projet : Emmanuel Godard (PR), Xavier Roulleau (PR), Cécile Capponi (MCF HDR)

Aide totale demandée : 16 044 696 € sur une période de 10 ans.

Nom de l'établissement coordinateur : Aix-Marseille Université (AMU), statut : EPSCP

Ce projet est conçu au sein d'une IDEX: A*MIDEX

Établissements partenaires :

- *Établissements d'enseignement supérieur* :
 - Aix-Marseille Université (AMU), EPSCP
 - Université de Toulon (UTLN), EPSCP
 - École Centrale de Marseille (ECM), EPSCP
- *Organisme de recherche* :
 - CNRS, EPST

Unités de recherche impliquées :

- **CIRM** – Centre International de Rencontres Mathématiques
- **CPT** – Centre de Physique Théorique – UMR 7332
- **I2M** – Institut de Mathématiques de Marseille – UMR 7373
- **LIS** – Laboratoire d'Informatique et des Systèmes – UMR 7020

Ecole doctorale impliquée :

- **ED 184** – Ecole doctorale en Mathématiques et Informatique de Marseille

Champ scientifique du projet : Sciences du Numérique et Mathématiques

Contents

1 RÉSUMÉ.....	3
2 CONTEXT AND PREVIOUS ACHIEVEMENTS.....	5
2.1 CONTEXT AND SCOPE OF THE PROJECT.....	5
2.2 MAIN PREVIOUS ACHIEVEMENTS.....	7
3 DESCRIPTION OF THE PROJECT.....	10
3.1 PROGRAM OUTLINES, VISION, AMBITION, EDUCATIONAL STRATEGY.....	10
3.2 SCIENTIFIC SCOPES AND CONTENTS OF THE PROJECT.....	12
3.3 THE ARCHIMÈDE INSTITUTE AND OTHER DISCIPLINES.....	14
3.4 DESCRIPTION OF THE LEARNING CURRICULUM.....	15
3.4.1 THE PREVIOUS LEARNING CURRICULUM (UNTIL SEPTEMBER 2018).....	15
3.4.2 THE LEARNING CURRICULUM (SINCE SEPTEMBER 2018).....	18
3.5 ARCHIMÈDE SPECIFIC TRAINING PROGRAM.....	21
3.5.1 INTERNATIONAL EXCELLENCE PROGRAM.....	22
3.5.2 MASTER PROGRAM.....	24
3.5.3 DOCTORAL PROGRAM.....	25
3.5.4 RESEARCH-LEARNING INTERFACE.....	26
4 A*MIDEX GLOBAL STRATEGY (WRITTEN BY A*MIDEX FOR THE EUR PROJECT).....	30
5 PROJECT ORGANIZATION AND MANAGEMENT.....	30
5.1 PROJECT MANAGERS.....	30
5.1.1 CAPSULE BIOGRAPHY OF EMMANUEL GODARD.....	30
5.1.2 CAPSULE BIOGRAPHY OF XAVIER ROULLEAU.....	31
5.2 ORGANIZATION OF THE STAKEHOLDER ENTITIES.....	31
5.3 COORDINATION FRAMEWORK.....	31
5.4 INSTITUTIONAL STRATEGY.....	32
6 EXTERNAL PARTNERS.....	32
6.1 FUNDING PARTNERS.....	33
6.2 OTHER PARTNERS.....	33
7 FUNDING JUSTIFICATION.....	33
7.1 FORMATION.....	33
7.2 RECHERCHE.....	34
7.3 VALORISATION.....	35
7.4 GOUVERNANCE.....	35

1 RÉSUMÉ

La révolution technologique actuelle portée par le “numérique” puise sa source dans les mathématiques parfois les plus fondamentales et trouve son effectivité dans le développement de concepts et de solutions informatisées. On peut mentionner l'utilisation effective des Théorèmes de Bayes (1763) et Perron-Frobenius (1912) pour le calcul du *pagerank* du moteur de recherche Google. On peut aussi citer la construction du plus grand artefact technique qu'est Internet, dont la sécurité d'utilisation, notamment des paiements en ligne, repose en grande partie sur des protocoles cryptographiques. Enfin, la photographie actuelle est rendue possible par les nouvelles techniques algorithmiques de traitement d'images qui permettent la miniaturisation des optiques.

La communauté maths-info de Aix-Marseille est en première ligne de cette révolution scientífico-technologique. Elle est le berceau de la théorie des ondelettes qui permet la compression d'images et vidéos, ainsi que du langage *prolog* d'Alain Colmerauer, préliminaire de l'intelligence artificielle dès les années 1980.

En outre, le récent rapport de prospective de l'INS2I au CNRS indique que, si les mathématiques sont le langage historique des sciences, au 21e siècle, l'informatique est en passe de devenir également un langage universel. Notre conviction est que l'enjeu n'est donc pas seulement de développer à Aix-Marseille deux disciplines mais également de participer à la construction en cours du nouveau langage pour les sciences et les technologies : le langage “math-info”.

Par ailleurs, comme le souligne l'académicien des sciences Gérard Berry, le verrou majeur dans la plupart des domaines scientifiques n'est plus dans l'acquisition de données mais dans leur traitement et analyse. Par conséquent les mathématiques et l'informatique sont amenées à être au coeur de la pluri-disciplinarité.

Pour toutes ces raisons, l'Institut ARCHIMÈDE en mathématiques-informatique a un rôle de premier plan à jouer dans la communauté AMU et au-delà. L'Institut se donne comme objectif de former de nouvelles générations de scientifiques et d'experts en mathématiques, en informatique et leurs interactions¹, innovants dans les deux domaines.

Le projet d'Institut s'appuie sur le succès des 8 ans du Labex Archimède qui a initié la collaboration inter-disciplinaire maths-info sur Aix-Marseille. L'entente entre les deux communautés est singulière

1 Dans ce document « informatique » désigne non seulement la discipline per se mais aussi les domaines en interaction étroite tels que l'automatique, la théorie du contrôle et le traitement du signal et d'image; de même, « mathématiques » doit être compris de manière générale, c'est-à-dire comme recouvrant tous les domaines des mathématiques fondamentales et des mathématiques appliquées, y compris la modélisation et la simulation numérique.

dans le paysage national et donne une réelle avance à Aix-Marseille Université. L'Institut souhaite capitaliser et intensifier ces collaborations pour amplifier significativement les réalisations du Labex.

Le projet repose principalement sur les deux plus gros laboratoires d'AMU, l'I2M (Institut de Mathématiques de Marseille, 300 membres dont 160 permanents) et le LIS (Laboratoire d'Informatique et Systèmes, 375 membres dont 190 permanents). Il repose également sur une partie du CPT (Centre de Physique Théorique, pour 30 permanents). Ces laboratoires sont de tout premier plan, l'I2M est le laboratoire d'AMU avec le meilleur rang au classement de Shanghai. Au niveau national, selon un récent classement², l'I2M se classe au quatrième rang national, c'est-à-dire au premier rang hors Paris, en ce qui concerne le h-index. Si l'Informatique n'est pas sur les premières marches comme l'I2M, le LIS se situe dans les tous premiers centres en province. Archimède forme donc un ensemble maths-info très cohérent, homogène et qui pourrait permettre à terme à Aix-Marseille de se situer dans les trois ou quatre meilleurs sites de France sur le domaine.

Le quatrième partenaire, le CIRM (Centre International de Rencontres Mathématiques), est le premier centre mondial de conférences en maths-info, accueillant chaque année 4000 participants. Les mathématiciens du monde entier connaissent Marseille au moins à travers le CIRM.

Avec ce consortium et dans le cadre des objectifs scientifiques énoncés précédemment, ARCHIMÈDE propose un projet ambitieux, pensé pour articuler les programmes de formation au niveau Master/Doctorat et les activités de recherche internationalement reconnues en mathématiques et informatique à Marseille. En plus de travailler à cette articulation entre formation et recherche, nos efforts seront dédiés à

1. approfondir la relation inter-disciplinaire entre Mathématiques et Informatique,
2. favoriser les mobilités entrantes et sortantes d'étudiants,
3. articuler et structurer les relations avec les autres laboratoires de AMU autour de la problématique des données scientifiques,
4. resserrer les liens entre le monde académique et le monde socio-économique.

Tout en approfondissant la relation inter-disciplinaire mathématiques et informatique, l'Institut s'attachera particulièrement à développer les interactions au delà. Commençons par noter que les quatre thèmes scientifiques majeurs développés à l'I2M, au LIS et au CPT sont

- Analyse, Modélisation, Optimisation
- Statistiques, Théorie du signal, Apprentissage automatique et Automatique
- Systèmes dynamiques, Géométries, Probabilités
- Algorithmiques, Logiques, Théorie des nombres

Les axes prioritaires pour les interactions mathématiques et informatique sont les suivants:

² QS World University Rankings 2019.

- sciences des données, IA et apprentissage statistique (traiter et analyser des données complexes et/ou massives)
- fiabilité, sûreté, et sécurité (concevoir, prouver et déployer des systèmes complexes et/ou massifs)

Ces axes sont tout à fait cohérents du point de vue mathématique-informatique et correspondent également à une forte demande socio-économique. L'adéquation à celle-ci des formations par la recherche se concrétise par un taux d'insertion à 2 ans de 95% pour nos étudiants en emploi de niveau cadre.

Les interactions pluri-disciplinaires porteront sur les thèmes suivants

- santé et biologie
- énergie, transport
- sécurité, communication
- numérique et multimédia

Les actions d'ARCHIMÈDE sont organisées en six programmes, qui seront détaillés dans le reste du document :

- Visibilité Internationale
- Programme de Master
- Programme Doctoral
- Valorisation & Transfert
- Programme de Recherche
- Popularisation & Vulgarisation.

Soulignons les points les plus spécifiques de notre projet. Concernant la visibilité internationale, le CIRM et la chaire Jean Morlet seront des atouts majeurs. Concernant la valorisation et le transfert, nous nous appuyerons sur une cellule de développement logiciel et sur une plate-forme technologique associée.

Notre communauté a également été à l'origine, ces dernières années, de la création de 4 startup et de nombreux logiciels dans le domaine maths-info. Nous comptons poursuivre et encourager ces initiatives en nous appuyant sur la SATT sud-est. Enfin concernant la popularisation et la vulgarisation, c'est une vraie spécificité de la communauté marseillaise. Les actions Maths Pour Tous et Pi-Day ont reçu le prix d'Alembert pour la vulgarisation des mathématiques en 2014 et 2016.

ARCHIMÈDE a déjà reçu le soutien de partenaires internationaux : Ecole Centrale Casablanca (Maroc), CIMPA UNESCO, IMPA (Brésil), Université Sfax (Tunisie), HSE Moscou (Russie), IRSN, LIA Roma (Italie).

Pour conclure, en offrant une plate-forme institutionnelle claire pour les unités de recherche (I2M, LIS, CPT) l'école doctorale (ED 184), le CIRM et l'ECM (Ecole Centrale de Marseille), ARCHIMÈDE aura un rôle déterminant, grâce au soutien conjoint d'A*MIDEX (AMU) et du CNRS, pour la structuration de toutes les activités de formation et de recherche liées aux mathématiques et à l'informatique à Marseille.

2 CONTEXT AND PREVIOUS ACHIEVEMENTS

2.1 CONTEXT AND SCOPE OF THE PROJECT

Training high-level experts in Mathematics and Computer Science. The technological transition that we have been witnessing for roughly two decades, with the advent of the Internet as a communication medium for expert and non-expert users, is pivotal. It has been spurred by the widespread access to information technologies (IT) and accompanying devices (e.g. mobile devices) and it has had an impact on many fields, far beyond those that are directly connected to IT such as, to name a few, biology, medicine, physics, arts, literature... It is fundamental to understand that mathematics and computer science are at the core of this transition, and that many (if not all) the major advances have hinged upon original models and/or algorithms proposed by experts in the fields, either from academic institutions or from the socio-economic world. It is therefore of the utmost importance for the sustained development of new technologies and knowledges to train experts in mathematics and computer science: this is the central purpose of ARCHIMÈDE. Indeed, the ARCHIMÈDE Institute is designed to provide a platform for those who want to engage into research careers or research and development careers, be it in an academic institution or in a company. In particular, ARCHIMÈDE proposes an ambitious project that offers a fine-grained organization of the training programs at the graduate and doctoral level and the research actions in mathematics and computer science that exist in Marseille. The project builds within extremely favorable conditions: the natural connections between the fields of mathematics and computer science, the way these connections have already been implemented in Marseille (especially from the research perspective through the LabEx Archimède, which is aimed at fostering all the actions pertaining to mathematics and/or computer science), the renowned quality of the research units where mathematics (I2M³, CPT) and computer science (LIS) are studied, an attractive international meeting facility (CIRM) and a doctoral school (ED184) dedicated to those doctoral students aiming at a PhD either in mathematics or in computer science. ARCHIMÈDE brings together all these ingredients to give them a visible, understandable and unite structuring where training and research (in mathematics and computer science) work hand in hand.

³Lexicon. ED 184: École doctorale Mathématiques et Informatique de Marseille • I2M: Institut de Mathématiques de Marseille • CPT: Centre de Physique Théorique • LIS: Laboratoire d'Informatique et Systèmes • CIRM: Centre International de Rencontres Mathématiques.

We now devote time to explain how the context in Marseille may be particularly beneficial for an Institute in Mathematics and Computer Science.

Researches in Mathematics, Computer Science, and their complementarity. Research in mathematics has always been motivated by strong conjectures or deep questioning generated either by the mathematical community or by interactions with other domains (such as physics, computer science, biology...). The answers to these questions are very often found thanks to the coupling of approaches, ideas or reasoning originating from various fields of mathematics or outside. Research in computer science is deeply related to mathematical approaches, a tendency more and more strengthened with the recent developments of complex digital environments. A specificity of research in computer science is the question of generation of algorithms and the associated question of complexity. Even if mathematics and computer science appear clearly in France as different academic fields, the separation inside the research area is blurred: graph theory, numerical simulations, statistical learning, control theory or signal processing are examples of domains connected to mathematics as well as to computer science; discrete mathematics or logic are considered as building blocks of theoretical computer science. And even more, it is now the whole set of mathematics that is involved in modern research in computer science: analysis, statistics, probability, geometry, algebra... By their ability to describe, explain, model and simulate complex phenomena revealed by real life or interaction with other fields, mathematics and computer science take a major place in our every day life. Moreover, each step forward inside complexity triggers new questions and problems requiring mathematics and computer science research.

Mathematics and Computer Science In Marseille From a local point of view, collaboration between computer science and mathematics in the Marseille area started at the very beginning of the start of computer science. A recent study of the mathematics institute of CNRS (INSMI) revealed that the Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) area is the French leader in term of interactions between mathematics and computer science. There are interactions between mathematics and computer science in many local structures such as the Ecole doctorale or the LabEx Archimède. Researchers of both fields collaborate inside specific domains such as logic, information theory, big data, machine learning etc, processing through research groups or seminars. New trends and extensive collaborations between researchers of CPT, I2M, LIS are numerous and diverse: mathematicians and computer scientists share graduate and undergraduate programs as well as PhD supervision. We plan for the Institute ARCHIMÈDE to enhance the synergy between the research units involved in the project.

CIRM: a pivotal research facility The specificity of Marseille is also due to the presence of CIRM, a residential meeting center for mathematics located on the campus of Luminy. Welcoming around 3500 participants per year, CIRM is a real opportunity for local researchers to invite and meet researchers from the whole world. Even if it has a national mission, CIRM plays a key role in research in mathematics and computer science in Marseille area and is deeply involved in many local structures. The development of wavelets theory, for which Yves Meyer has been awarded the 2017 Abel prize, has widely benefited from CIRM's facilities.

2.2 MAIN PREVIOUS ACHIEVEMENTS

The ARCHIMÈDE Institute is supported by three research units: the Institut de Mathématiques de Marseille (I2M), the Laboratoire d'Informatique et Systèmes (LIS), and the Centre de Physique Théorique (CPT). These research units participate with the CIRM to the LabEx Archimède. The LabEx has significantly enhanced collaborations between mathematics and computer science, as well as links with CIRM. These are specific strengths of the Marseille site, to which is added the very favorable position of I2M in the last ranking of Shanghai of mathematical laboratories. Figure 1 summarizes the architecture and collaborations between the actors involved in the Institute project.

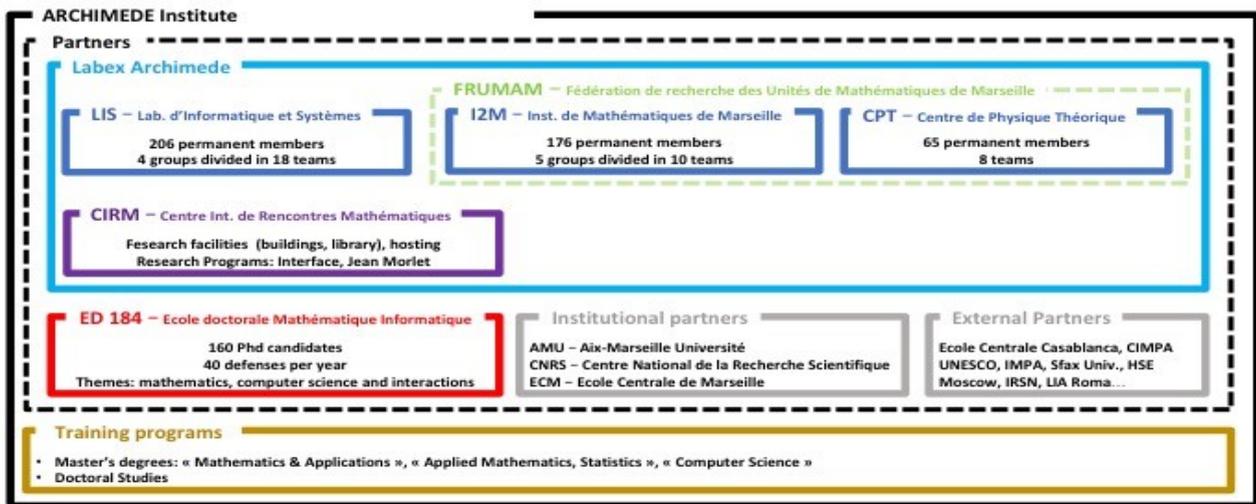


Figure 1: Architecture of the ARCHIMEDE project.

Graduate and Doctoral training. Every year, there is a significant number of graduate students from our training programs that are willing to engage into a PhD program in Marseille. Part of these students may have benefited from a financial support from the LabEx Archimède for their Master's degree. This is one of the very positive insights regarding the attractiveness of our site for studies in Mathematics and Computer Science. We hope the ARCHIMÈDE Institute will help us amplify this success.

All PhD students working in the field of mathematics or computer science are registered at the ED184 doctoral school. As such, they follow a set of common syllabus and are gathered together to conduct projects such as popularization initiatives (π -day, Treize Minutes Marseille Jeunes, see below). We hope for the ARCHIMÈDE Institute to enhance the doctoral program with new actions and to have it be accompanied by a Master program (see Figure 1).

Awards and distinctions. The international recognition of I2M, LIS and CPT is evidenced by, among other things, the numerous prizes and distinctions awarded to its members, invitations as a keynote

speaker, the organization of international and national congresses. Some awards and distinctions attributed to the members of the ARCHIMÈDE Institute project:

- The CNRS innovative medal 2017.
- The d'Alembert prize 2016 of the SMF to the π -day association, coordinated by PhD students of the I2M.
- The Sofia Kovalevskaya prize 2015 of the Russian Science Academy.
- The d'Alembert prize 2014 of the SMF to the Maths pour Tous (Maths for all) association, supervised by a researcher of the I2M.
- The Gay-Lussac Humboldt prize 2013 of the Académie des Sciences.
- The Grand Prix Jaffé 2012 of the Académie des Sciences.
- The Paul Langevin prize of the Société Française de Physique 2009
- There have been 4 senior IUF and 5 junior IUF member nomination over the 2011–2017 period.
- Two members of the I2M have been laureate of an ERC Starting Grants during the same period.
- 4 members of the I2M have been laureate of a projet d'excellence A*MIDEX.
- A member of I2M is one of the "Highly Cited Researchers" (Thomson Reuters) in 2014.

Organization of international and national congresses. Proximity with the CIRM greatly encourages the organization of scientific activities (Morlet chairs, thematic months, international conferences) and members of I2M know how to take advantage of this opportunity. Over the last few years, they participated in the organization of more than 70 international conferences at CIRM, including 5 thematic months and benefited from 7 Morlet chairs (see below, for a description of Morlet chairs). Other conferences with large audiences have also been organized by members of the ARCHIMÈDE project. Examples of organized events:

- In 2014, the colloquium of the GDRI (Euro-Maghrebin of mathematics and their interactions) was held, which is an associated international research group of CNRS, which gathers together more than thirty-five research units from the Maghreb and France. This is in line with our aim at strengthening our connections with Mediterranean Countries and Africa;
- In 2016, LIS and I2M co-organized CSL 2016, the 25th EACSL Annual Conference on Computer Science Logic. It was partially funded by the LabEx Archimède and pertains to the research counterpart of the shared master degree IMD that will be a significant training action of ARCHIMÈDE.
- Also, in 2016 and 2017, there had been workshops on Quantum Computing, a research theme of interest for members of LIS, CPT and I2M; this may be one ambitious direction of research that we hope will benefit from the favorable framework offered by the institute by, for instance, offering a graduate course dedicated on the topic.

National and international collaborations. All teams of the project are involved in numerous national and international projects. Over 2011-2016, we have identified over 150 funded projects, involving most of the members of ARCHIMÈDE. The list of these projects would probably be of no use but, together with the other actions mentioned before, it reflects the extreme vitality of ARCHIMÈDE's national and international cooperation and its influence. To these cooperations under calls for

tenders or formalized agreements are added many bilateral scientific collaborations (with a list of countries that is very wide: from Europe through Mediterranean countries and Africa to Americas, and Asia).

The LabEx Archimède and its structuring effects. The LabEx Archimède, which gathers CPT, I2M, LIS and CIRM on research actions mainly dedicated to the graduate level and beyond is a fundamental achievement on its own. Funded in 2011, it has had a crucial effect on structuring all research activities pertaining to mathematics and/or computer science. The main actions of the LabEx Archimède have revolved around funding for international mobility (incoming essentially) and for the welcoming of doctoral and postdoctoral researchers. It is the purpose of the ARCHIMÈDE Institute to intensify the beneficial effects of the LabEx to add more pronounced actions towards graduate students, the socioeconomic world, and incoming and outgoing mobility. The LabEx Archimède will end In December 2019 and one goal of the Institute is to create a smooth continuation and amplification of the LabEx.

3 DESCRIPTION OF THE PROJECT

3.1 PROGRAM OUTLINES, VISION, AMBITION, EDUCATIONAL STRATEGY

Challenge. The need for people with expertise in Mathematics and Computer Science is an evidence in our every day life. Today's upcoming of new technologies (e.g. web, mobile devices) and their widespread use requires relevant models/algorithms from mathematics and computer science to be developed. Cybersecurity or data science are examples of new fields that have emerged with the aforementioned popularization of technology. The design of appropriate tools to answer the numerous questions posed in both fields requires the expertise of researchers from mathematics and computer science that are capable of producing appropriate new results possibly at the frontier between mathematics *and* computer science.

Objective The main objective of the ARCHIMÈDE Institute is to train those of the future experts in mathematics and computer science that wish to engage into research careers, either in academics, or in other public or private socio-economic sectors. The main actors of the ARCHIMÈDE Institute are therefore naturally the students and their teachers.

Opportunity Marseille is certainly one of the most natural places in France to build such an Institute in mathematics and informatics. Indeed, to reach its objectives, the Institute will leverage on two major specific advantages:

- the favorable scientific ecosystem in Marseille that has favored the gathering of mathematicians and computer scientists for more than two decades,
- the presence of the CIRM (Centre International de Rencontres Mathématiques) which hosts more than 3500 mathematicians each year in Marseille; the CIRM is indeed a perfect structure to organize events dedicated to the students and the researchers of the ARCHIMÈDE Institute.

The ARCHIMÈDE Institute model. The model of ARCHIMÈDE is to take advantage of all the training facilities (e.g., the syllabus, and CIRM), the research units involved in the project together with the strength of their collaborations. To implement actions towards incoming/outgoing (national and international) mobility and towards transfer from/to socioeconomic partners. More generally, ARCHIMÈDE is to institutionalize actions (e.g. fundings, partnership agreements, transfer) models/algorithms from mathematics and computer science to be developed. Cybersecurity or data science are examples of new fields that have to be further developed with respect to the aforementioned popularization of technology. The design of appropriate tools to answer the numerous questions raised in both fields requires the expertise of researchers from mathematics and computer science that are capable of producing appropriate new results possibly at the frontier between mathematics *and* computer science.

Structuring effects and impacts. For over two decades, there have been fruitful collaborations between mathematicians and computer scientists in Marseille. These connections have hinged upon common research topics, shared undergraduate programs, PhD candidate co-advisorships, and joint participation to funded projects (e.g. ANR projects). From a structural standpoint, mathematicians and computer scientists have been working in the same (or close-by) buildings in the various campuses of Marseille. It has to be noted that a large part of the mathematical community in Marseille will move from Château-Gombert to the historical campus of Saint Charles in 2021. This move will amplify the collaborations between all the members of the Institute and simplify greatly all the teaching and research activities.

The doctoral students all belong to the same doctoral School (ED 184). Mathematicians and computer scientists are both the primary beneficiaries of the internationally renowned CIRM. The tight bonds between mathematics and computer science amounted to the creation, in 2011, of the LabEx Archimède aimed at structuring the collaborations just mentioned. The project ARCHIMÈDE will strengthen the variety of research opportunities offered by Archimède and will improve the quality and visibility of the master and doctoral studies. In particular, building upon the success of LabEx Archimède and continuing it's actions, the ARCHIMÈDE Institute aspires to :

1. enhance the connections between teaching and research with a focus at Masters level programs and beyond,
2. significantly increase the number of high profile foreign students in the Masters and research units of ARCHIMÈDE and provide facilities that would be on a par with the high-level, international ranking and therefore, attractiveness, of mathematics and computer science in Marseille;
3. tighten the relations between academics and companies.

The ARCHIMÈDE Institute has been set up so that each action be coherent with the others and add a benefit to the whole training program, be it in terms of excellence, international mobility or professional integration. A by-product of ARCHIMÈDE will be the increase of research collaborations and the overall visibility, international influence of the research in mathematics and computer science

produced in Marseille. From a broader perspective, ARCHIMÈDE Institute, by offering a clear institutional platform for the departments of mathematics, computer science and the research units I2M, LIS, CPT, the ED 184 Doctoral School, CIRM and ECM (École Centrale de Marseille) and with the joint support of the A*MIDEX initiative of Aix-Marseille University and CNRS, is bound to be a pivotal piece for structuring all the activities pertaining to mathematics and computer science in Marseille.

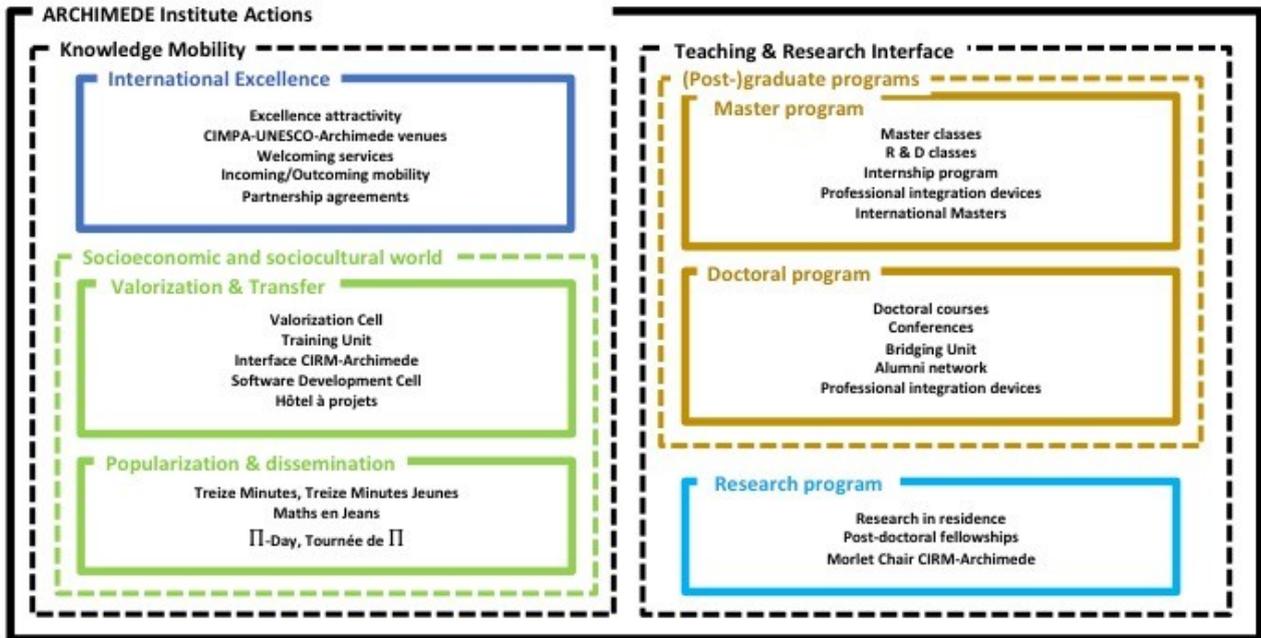


Figure 2: Programs and actions of the ARCHIMÈDE Institute. The blue and purple squares put by the side of an action indicate that it is already part of the Archimède LabEx (blue square) operational plan or the CIRM operational plan (purple square). The ARCHIMÈDE Institute will provide these actions with even larger audience and visibility. Some of these actions are already implemented.

3.2 SCIENTIFIC SCOPES AND CONTENTS OF THE PROJECT

The main objective of the ARCHIMÈDE Institute is to train those of the future experts in mathematics and computer science that wish to engage into research or research and development careers, either in academics, or in other public or private socio-economic sectors. It will also foster relations between Computer Science and Mathematics.

I2M is the only research unit in mathematics in Marseille; it comprises some 300 members, including 170 permanent researchers. LIS has approximately 330 members, including 180 permanent researchers. CPT has 85 members, including 50 permanent researchers; 58% of the permanent staff (4 out of the 8 CPT research teams) will contribute to the ARCHIMÈDE Institute project.

The ARCHIMÈDE Institute will amplify the achievement of the LabEx Archimède between Mathematics and Computer Science. AMU harbors the IDEX Project A*MIDEX and two of the five

national Convergence Institutes: ILCB (Institute for Language, Communication and Brain) and CenTuri (Centre Turing des systèmes du vivant).

The four major scientific themes developed in I2M, LIS and CPT are given below (together with the full-time equivalents for permanent positions):

- Analysis, Modeling, Optimization.
- Statistics, Signal theory, Machine learning, automatic.
- Dynamical systems, Geometries, Probabilities.
- Algorithms, Logic, Number Theory (65 full-time equivalents).

The first theme has 83 full-time equivalents, with a scientific production on year average of more than 90 publications in international journals. The second theme has 103 full-time equivalents, with a scientific production on year average of more than 180 international publications including 85 journals. The third theme has 95 full-time equivalents, with a scientific production on year average of about 75 publications in international journals. The fourth theme has 65 full-time equivalents, with a scientific production on year average of more 95 international publications including about 70 journals.

These constitute the strengths of the learning curriculum that is depicted thereafter and will be the backbone of the various programs supported by ARCHIMÈDE. Even if they might be considered from a purely fundamental perspective, these areas of research may have a huge impact on the following application fields:

- Biology, Health;
- Security, Communication, Data Science;
- Energy, Transportation, Safety.

These application fields and the recognized ability of the members of the Archimède Institute to provide significant advances therein may help define priority programs of development. These priority programs of development will be the opportunity for the Archimède Institute to focus on a particular topic, on a limited period of time within the major scientific themes of the institute, through specific calls. The

Data Science, Artificial Intelligence, Machine Learning. These entangled fields will be put forward for the first period of the Archimède Institute. There have been shared master's degree syllabus on machine learning, statistics, data analysis and, starting September 2018, a newly revamped syllabus is in force, that further focuses on the recent advances of AI/Machine learning, and aims at having courses dedicated for engineers from companies. This goes with the tentative creation of a Clarke-Turing Chair project at CIRM, centered on artificial intelligence/data science/machine learning and security. These projects will extend the renowned research activity in the relevant fields at I2M, LIS and CPT.

Security. We consider also to put an emphasis on (cyber-) security for similar reasons: there are joint master's programs on the foundations and the practice of the field. The mathematical and computer science research expertise in that field is undeniable (in particular, there are teams dedicated to cryptography and software verification in the research units). A master program has recently received the SecNumEdu quality label of Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI). There is a clear potential to strengthen this area in high demand. It will up to the external Advisory Board to help decide, every two years, the themes that will be put forward by the Archimède Institute.

The full time equivalents for the previous priority themes are 70 and 37 respectively.

Growing Master's and PhD students. Over 10 years, the ARCHIMÈDE Institute aims to double the number of Master students in Mathematics and Computer Science, and to increase up to 25% the number of defended PhD thesis, according to our capabilities. The Ecole Centrale Marseille aims that 25% of its students obtain a PhD, against 15% now.

3.3 THE ARCHIMEDE INSTITUTE AND OTHER DISCIPLINES.

Mathematics and Computer Sciences have always developed collaborations with other fields, from the research to the applications level. The Institute will foster such interdisciplinary collaborations, and in particular aim to organize some of the collaborations of strategic importance to AMU's scientific community.

In this direction, it is worth mentioning more explicitly the area of scientific data. Data are of the uttermost importance as is realized in many businesses and in many fields. The same appears to be true for the vast amount of data that are produced by scientific experiments, by medical protocols, by research in many other fields like humanities. Moreover, one of the richness of AMU is the diversity and the quality of the fields that are present in the University. Mathematics and Computer Sciences are at the heart of this new evolution.

The Institute aims to be the “first stop” for data research at AMU. With the experienced researchers in these fields both present at I2M, LIS and CPT, and with the numerous master's programs devoted to data, the Archimède community can play an invaluable role in developing this area. The institute will take special care to address or help the needs in data processing from researchers within AMU. It will have a dedicated deputy director for “transfer” with special attention for the laboratories of AMU. This deputy director will help categorize the needs emerging (IT aspects, data analysis, data science, research collaborations or specific benefits) and direct our colleagues to the right stop, which can be a specific master's program, a pool of teams within the Institute, the technological platform, etc. A particular focus will be put on organizing meetings between our master's students and AMU's units so that they can also envision a career in a scientific environment (from IT to research).

Archimède Institute perimeter does not include a data storage facility, although we think AMU would benefit from a transverse structure that could be associated to the Mésocentre to computationally handle data (storage, databases, etc.). This structure should mostly have engineers, without a research component, with facilities to interact with the transfer director of the Archimède Institute.

Other projects in the area of data at AMU we are aware of are the AMSE Big Data project, the 3IA project. We will collaborate with any such structure at the following levels when appropriate:

1. Archimède researchers in Data Science will take part in Scientific Committees
2. Technical courses will be organized toward scientists in other fields either through the technological platform, teaching programs, Hôtel à projets or research programs;
3. Joint research programs
4. Joint supervision of PhD candidates
5. Joint master theses.

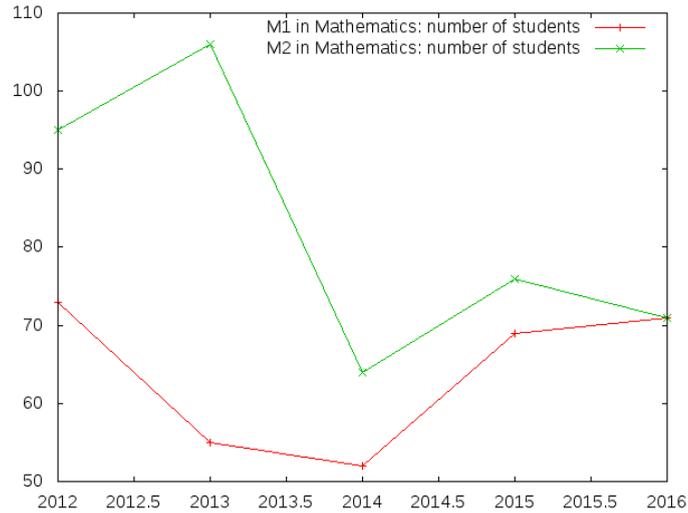
3.4 DESCRIPTION OF THE LEARNING CURRICULUM

Until 2018, AMU offered one master in Mathematics and one master in Computer Science. The master of mathematics mainly relies on the research expertise of I2M which has a strong international visibility, while the master of Computer Science relies on the research expertise of LIS. Some specialties also use expertise from other laboratories and specialized lectures are given by people coming from industry. Research-oriented specialization are opened to students of ECM who get a double degree: an MSc. degree from AMU and the engineering degree from ECM. Masters curriculum changed in September 2018, the new curriculum are described in the next section.

3.4.1 The Previous Learning Curriculum (until September 2018)

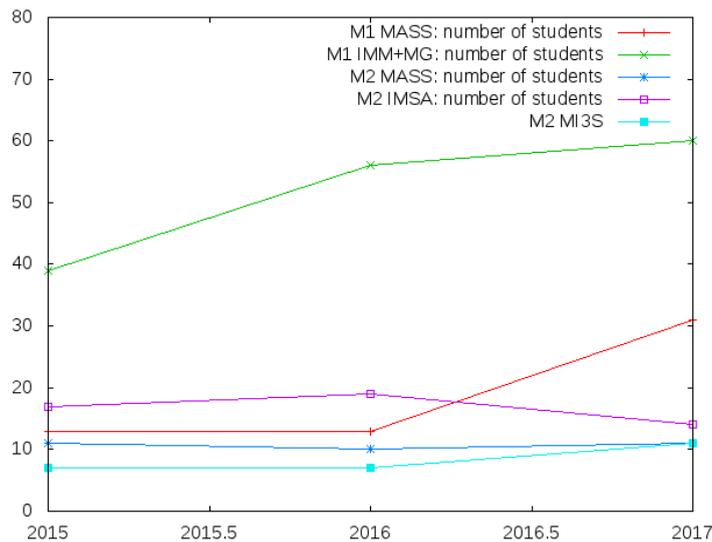
Master in Mathematics : data

Number of students in the master in Mathematics.



The drop in the number of students in year 2014 partly comes from the fact that students willing to be a teacher in mathematics at school follow a different curriculum organized by the ESPE (a faculty of AMU whose goal is the formation of school teachers).

Number of students in the master of Mathematics according to specialization.



In 2016-17, 37% of M1 students came from foreign countries and 63% of M1 students came from France (mainly from AMU). According to the study performed by OVE, the local department investigating the professional insertion, 85% of graduates have obtained a position in companies or follow doctoral studies within 3 months.

Graduate students may continue in a PhD program in the doctoral school ED 184 (especially graduates from MG, MDFI, PS, EDPCS) or apply for a position in companies (mainly MI3S, IMSA, EDPCS, MASS).

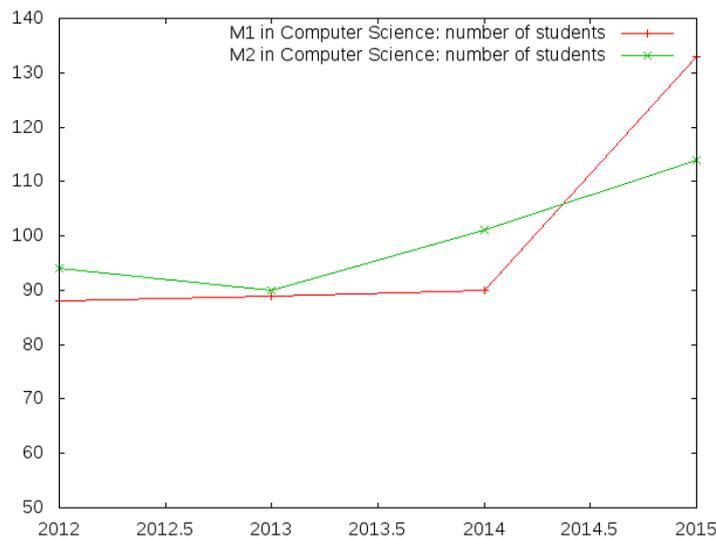
Master in Computer Science The master in Computer Science was organized in the following specializations.

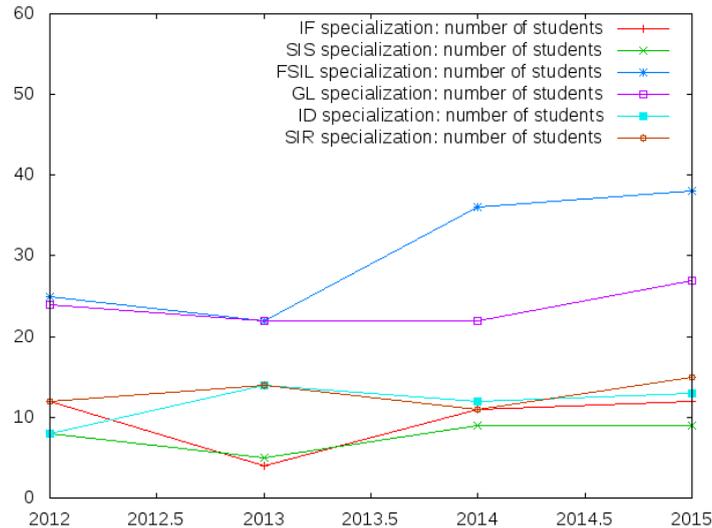
- Informatique Fondamentale (IF) / Sciences de l'Information et Systèmes (SIS). These are oriented towards research in Computer Sciences (IF) and Control and Automation (SIS).
- Fiabilité Sécurité Informatique et Logicielle (FSIL). This is oriented towards conception of applications, software quality and security issues.
- Génie Logiciel (GL). This is oriented towards Software Engineering.
- Sytème d'Information Répartis (SIR). This is oriented towards Distributed Data Bases.
- Informatique Décisionnelle (ID). This is oriented towards Business Intelligence and Operational Research.

In 2016-17, 48% of first-year (M1) students are foreign students and 52% of M1 students come from France (mainly AMU).

Number of students in the master in Computer Science.

Number of students in the master in Computer Science according to specializations.





Many graduates obtain a job immediately after graduation (more than 50%) and 84% have found a position 12 months after graduation (according to the local study realized by OVE over the last three years).

Relations with Companies Both masters have strong connections with large companies (AXA, Airbus, Bull, Cap-Gemini, DCNS...) or research centers (CEA, IRD...). These connections are set up via the mandatory internship at semester 4 and more formal agreements have been signed between AMU and some companies (Bull, Cap-Gemini). For instance, AXA offers scholarship for students of the IMSA specialization (3 to 5 students a year) and engineers from Bull have given conferences to second-year students of the Computer Science master.

Attractivity and International Cooperation Students of ECM can enroll in the 2nd year of research specialization of the master of Mathematics or of the master of Computer Science and obtain the corresponding master. After graduation, several of these students have engaged in a PhD program in AMU. The Archimède Labex offers scholarships for second-year foreign students since 2012 (6 scholarships a year in average). These grants have attracted students from China, Vietnam, Lebanon, Senegal... I2M has an official collaboration with Roma 3 university (Italy) and Italian students have regularly attended the Master in discrete mathematics and computer science specialization for many years. Erasmus cooperations are very active and we regularly have students from European countries attending one or two semesters in our masters. The applied Master in social sciences specialization has agreement with the Department of Demographics of Montreal university (Canada) and Université catholique de Louvain (Belgium) which has led students to do their internship (Semester 4) abroad.

Doctoral Studies The average number of doctoral students in ED 184 is 150 with half of them coming from foreign countries and the other half from France. Around 25 to 30 PhD thesis are under the so-called co-tutelle status (each student has two advisors, one from AMU, the other from his university abroad).

	2013-	2014-	2015-	2016-	2017-	2018-
PhD defense	33	40	39	33	47	30

The number of grants given by ED184 is 8 in average, the Labex Archimède has given up to 3 grants (down to 1 in 2017 due to budget constraints), and other grants come from CIFRE contracts or grants given by ANR projects.

3.4.2 The Learning Curriculum (since September 2018)

The new learning curriculum of Aix-Marseille started in September 2018. It is planned to last for the next five years.

Bachelor curriculum The students enrolling in one of ARCHIMÈDE's programs are expected to hold a classical BSc degree in Mathematics or Computer Science of AMU or a similar degree from France or abroad. Furthermore, we expect some students to come from the "Licence MPC1" (MPCI stands for Mathématiques, Physique, Chimie, Informatique) and Licence "Sciences et humanités" programs: these two three-year undergraduate programs have been labeled "Académie d'excellence" by A*MIDEX; they enroll high-profile students selected after the baccalaureat. Several members of ARCHIMÈDE are very active faculty staff of these degrees. A new degree (parcours Mathématiques-Informatique in the Licence d'Informatique) designed for students interested both in Mathematics and Computer Science opened also in 2018 at the BSc level.

CMB syllabus The Computational and Mathematical Biology (CMB) syllabus is an international specialization of the masters in Mathematics and Computer Science. All lectures are given in English. The CMB specialization attracts bachelors in Mathematics, Computer Science or Biology. It is supported by the Centuri Convergence Institute which gathers mathematicians, computer scientists and biologists on problems of modeling complex systems and image processing.

Masters in Mathematics There are two masters in Mathematics named according to the official national denominations *Mathématiques et Applications (MA)* and *Mathématiques Appliquées, Statistique (MAS)*. The MAS acknowledges the recent important growth of the applications of statistics in many aspects of society and the need for a specific training of experts in statistics in relation with applications. The master MA addresses a wide spectrum of mathematics, both from their theoretical and applied aspects, and their multiple applications in other sciences and in technological fields. These masters correspond to two different ways of learning and using mathematics: the master MA attracts students more interested in foundations and theory, while the master MAS is chosen by those who prefer to study the applications, the tools required in these applications and are interested by the field of statistics. The master *Mathématiques et Applications (MA)* is organized as follows:

- **Mathématiques Fondamentale.** This specialization is focused on theoretical domains of mathematics;

- Mathématiques Appliquées CEPS. This specialization is focused on the theory of applied mathematics mainly probability theory, partial derivative equation and scientific computation;
- Informatique et Mathématiques Discrètes, shared with the master of computer science (see below) ;
- Two syllabus for Mathematics and Teaching;
- CMB specialization.

The master *Mathématiques Appliquées et Statistique (MAS)* is organized as follows:

- Mathématiques Appliquées et Sciences Sociales (MASS). This specialization is focused on the application of mathematics in social sciences;
- Ingénierie Mathématiques et Sciences Actuarielles (IMSA). This specialization is focused on mathematics of risk management, with applications in insurance and finance;
- Data Sciences (DS), shared with the master of computer science (see I3A below);
- CMB specialization.

Master in Computer Science The master of Computer Science is organized as follows:

- Fiabilité et Sécurité Informatique (FSI). This specialization is focused on security and software quality issues. It has the *SecNumEdu* label from Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information.
- Géométrie et Informatique Graphique (GIG). This specialization is focused on Computer Graphics and Geometry.
- Ingénierie du Logiciel et des Données (ILD). This specialization is focused on software engineering and data organization (data bases, data mining...)
- Informatique et Mathématiques Discrètes (IMD). This specialization is focused on mastering mathematical tools required for modeling and solving problems in Computer Science.
- Intelligence Artificielle et Apprentissage Automatique (I3A). This specialization is focused on Artificial Intelligence and Machine Learning.
- CMB specialization.

The IMD and I3A specializations are shared with the master MAS and more details are found in the next section. Each specialization relies on the skills of research teams from LIS or I2M.

Common Learning Curriculum in Mathematics and Computer Science The links between mathematics and computer science in Marseille have led to two common specializations for students from either Mathematics or Computer Science.

- Informatique et Mathématiques Discrète syllabus (IMD). The relation between Computer Science and Mathematics is especially strong in area like logic and its applications (semantics of programming language, modeling and verification) and discrete structures (graphs, algebraic structures) and algorithms. IMD offers a specialization in these topics to students who have obtained a first-year Msc Degree in either Mathematics or Computer Science.

Data Science syllabus (master of Mathematics) and I3A syllabus (master of Computer Science). These two curricula are not identical but share many teaching units. They are specialized into the use of statistics and machine learning for analyzing complex systems described by observational data.

Computational and mathematical biology (CMB) specializations in Mathematics and Computer Science share many teaching units but focus on different angle to investigate complex biological systems.

Interaction between Mathematics and Physics Links with the Master of Physics are provided by means of a few courses on the use of mathematics in modeling physics (mathematical description of physical laws, in particular those for fundamental interactions), the use of combinatorics in computer science for dynamical systems (chaos and non linearity) that are attended by graduate students in Mathematics or in Computer Science. In particular, mathematical physics, as developed in AMU, can lead to a double Master graduation and we expect fruitful collaborations at the PhD level, particularly through the CenTuri Convergence Institute around the interdisciplinary topic of complexity in biology. Some mathematicians at CPT are within ED184. In the framework of ARCHIMÈDE, CPT volunteers to propose seminars, internships or PhD proposals in mathematical physics or neighboring areas connected with fundamental mathematics.

Interactions with companies We plan to strengthen the links between companies and ARCHIMÈDE by cooperation agreements. Internships offered by companies are a way to establish or strengthen interactions. ARCHIMÈDE gives an opportunity to reinforce these interactions with scholarship and PhD subsidized by companies as it is already the case with AXA company. Many PhD have been supported using CIFRE contracts, some of them given by small companies or startups in hot topics like Machine learning. For instance, 3 PhD students from LIS are now employed by the EURANOVA company which plans to set up a local antenna in Marseille. ARCHIMÈDE is an opportunity for obtaining more formal agreements between companies and AMU like what has been done with Bull and Cap-Gemini. ECM has a long tradition of interactions with companies and ARCHIMÈDE will benefit from this experience for internships propositions or CIFRE PhD subsidized by companies. ARCHIMÈDE is also expected to spin off start-ups that will employ master or PhD students, like the LED's CHAT company which started from a 1st-year master project or the LINXO company (one of the co-founder is a former student of AMU in mathematics and computer science).

Doctoral studies ED184, the Doctoral School of Mathematics and Computer Science of AMU ensures doctoral studies in mathematics, computer science and automation for AMU and ECM PhD candidates. The doctoral supervision is provided by researchers and lecturers from I2M, CPT and LIS. Out of almost 150 researchers and research professors who hold the habilitation (HDR), 146 have supervised a thesis in the last five years. In this high-quality scientific environment, ED184 hosted 156 PhD students in 2015-2016, almost all of which were funded. The number of students is stable over the period 2010-2016, as they range from 154 to 158 doctoral students. Approximately 70 % of them have obtained their master's degree outside the Marseille perimeter, a quarter of them abroad. More than twenty nationalities are represented. Each year, some 40 theses are defended, for example 38

during the calendar year 2015. A PhD student takes on average between 3 to 4 years to his/her defense. Drop-outs represent 6 % of a year class over the period 2010-2016.

Apart from the research work, the doctoral training of a PhD student is 100 hours equally divided between scientific training and transversal and professional training. The training offered by ED184 and the doctoral college ranges from master's courses, advanced courses to participation in the dissemination of scientific culture, seminars for doctoral students, training courses... At present there is a need for students to develop training in English as well as courses in English. This need should be fulfilled by the ARCHIMÈDE.

A mandatory check-up is organized every year of the PhD thesis in front of a committee gathering researchers and representatives of PhD students. This permits to verify that the PhD goes smoothly and will result in a PhD within the three-year schedule.

3.5 ARCHIMÈDE SPECIFIC TRAINING PROGRAM

The actions implemented to reach the goals of ARCHIMÈDE range from pure training programs at the (post)graduate level to transfer and exchange actions: more specifically, scientific knowledge should be transferred from academy to the socioeconomic world (and back), and exchanges should be developed between our university and other universities. These actions are structured along six programs, depicted in Figure 2:

- International Excellence Program;
- Master Program;
- Doctoral Program;
- Research Program;
- Valorization and transfer;
- Popularization and dissemination.

The three first programs are explained hereafter, and the three last ones are described in the following section (Research-Learning interface). As shown in the previous sections, the masters and PhD curriculum are designed to fully integrate these actions.

3.5.1 International Excellence Program

The high level of Mathematics and Computer science developed at I2M, LIS and CPT, and the excellence of the Master and PhD training makes AMU a worldwide attractive place to study Mathematics and Computer Science. One of the main objectives of ARCHIMÈDE is to organize the incoming mobility of the best students at international level.

3.5.1.1 Excellence Attractivity

To attract high profile foreign students, we aim to create scholarships for each level of the Master program and PhD scholarships.

At the Master level, the scholarships will be granted by an ad-hoc committee upon evaluation of the applications and oral interview (or video conference for foreign students). A pool of excellent candidates exists: the number of applications received by the LabEx Archimède for graduate, doctoral and post-doctoral fellowships was roughly multiplied by 4 in 4 years, and reached 50 per year for each level, more than one third were excellent students. At present only 7 masters scholarships are granted. With sufficient resources, the Institute could attract more than 20 students.

The majority of the students benefiting from the LabEx Archimède scholarships have been later enrolled in a PhD program either in AMU/ECM or elsewhere, and this is expected to last with the ARCHIMÈDE Institute. Of course, the scholarships given by ARCHIMÈDE will be also a strong incentive for excellent students to apply to our Master. If our project is accepted, these scholarships will be supplemented by 4 scholarships from Sfax University (Tunisia) for Sfax students to follow the master course in ARCHIMÈDE, for a total amount of 16 000€ per year. An agreement with ENS Lyon to enroll in our master bright students who have presented the difficult competition to enter this school and at the limit of being admitted. The visibility of ARCHIMÈDE will increase the number of students on the research track at ECM following both a master of ARCHIMÈDE and the engineering cursus of Centrale Marseille.

The Master lectures supported by ARCHIMÈDE will be given in English.

At the PhD level, ARCHIMÈDE will supplement the grants given by ED184, which are very few compared to our supervising capabilities. The ARCHIMÈDE label is expected to attract companies willing to offer CIFRE contracts for PhD. Candidates for grants are selected according to their academic records, the relevance of the subject and the skills of the advisor, after an interview with a selection committee.

ARCHIMÈDE is also an excellence label that will attract students from Ecoles Normales Supérieures (ENS Lyon, Ulm, Paris-Saclay) to pursue their PhD in I2M, LIS, or CPT with the specific grants that they hold; both I2M and LIF have already hosted such students (6 in 2015-2016).

Existing international research cooperations help building connections at the teaching level. For instance: the group supporting the GIG specialization in the Computer Science Master has many collaborations with Cornell Tech, ETS Montreal and University of Montreal and plan to organize exchange of master students (both incoming and leaving); researchers from I2M give lectures in masters in mathematics in Senegal, Ghana, Ivory Coast and attract the best students in Marseille for a Master 2 or a PhD.

ARCHIMÈDE will also support the research internships for non-scholarship 2nd-year master students, thereby attracting more students in the master program itself, or in the research semester. If funded, these students are likely to start a PhD in a unit of ARCHIMÈDE.

3.5.1.2 CIMPA-UNESCO-ARCHIMÈDE venues, Master 2 in west Africa

Each year, CIMPA co-organizes and sponsors Research Schools in developing countries. We will create one common ARCHIMÈDE - CIMPA research Schools per year; an expected by-product is to bring to the ARCHIMÈDE Institute the best Master or PhD students from developing countries.

In the same direction an international Master program has been runned for three years in the area of Probability, partly funded by CIMPA.

The ARCHIMEDE Institute will expand this program to other fields of Mathematics and Computer Science.

The initial observation is that quite a few French speaking countries of sub-saharan Africa (in particular Benin, Ivory Coast, Burkina Fasso, Mali, Senegal, Togo) have good or very good programs up to the Master 1 level and then they have difficulties to maintain a good program at the M2 and PhD levels. Each of those Universities does not have researchers covering a large enough range of advanced topics. The project is to establish a few Master 2 programs, each covering a specific field and gathering students from different countries in one campus for a six months period. The idea is to select very good students in each of these countries with an entry exam. The selected students obtain a “local grant” that covers local travels and expenses allowing them to spend six months in one selected university. In case of the already functioning program, it is the University Félix Houphouet Boigny in Abidjan (Ivory Coast). During the first three months, local professors gives preparatory courses and then professors from outside (either French or from other African universities) complete the program with more advanced courses.

The students then prepare their Master thesis in a laboratory, most of the time in France. For the last 3 years the output of the already existing international Master program has been quite impressive. Each year there was 5 to 8 students following the program and, at this point, about 10 of them are in a PhD program, three of them in Marseille.

3.5.1.3 Welcoming Services

ARCHIMÈDE Institute will offer accompanying services for foreign students (e.g. immigration paperwork, lodging, French classes via the FLE – Français Langue Etrangère – program, English classes). This action should be implemented in coordination with other internationally-oriented programs of AMU and with the Doctoral College.

3.5.1.4 Incoming/outgoing mobility

The ARCHIMÈDE Institute will:

- enhance the outgoing international mobility of students by offering Master and PhD students from Marseille the possibility to participate in international summer schools or conferences,
- provide financial support for PhD students and post-doc for research stays in other countries and/or laboratories,

- support the short term incoming mobility of international Master students through its Master classes program at CIRM.

3.5.1.5 Partnerships agreements

ARCHIMÈDE will institutionalize the existing cooperations that have brought excellent students in, and it will initiate new ones. We intend to prioritize our effort to initiate new collaborations with Mediterranean countries and Africa and to reinforce the existing well-established programs with Africa (Dakar University in Senegal, Ecole Centrale Casablanca in Morocco). Among other existing cooperations, one may quote the following countries: Brazil, China, Tunisia, Chili, Colombia, Morocco, Vietnam, Mexico, several countries from Eastern Europe. Several Institutions have already signed up an intention letter with ARCHIMÈDE to establish partnerships, such as IMPA (Rio, Brasil) and HSE Faculty of Mathematics (Moscow). As a by-product, new research and teaching collaborations will naturally emerge from these intensified cooperations.

3.5.2 Master Program

3.5.2.1 International Master classes at CIRM

Master classes are a pivotal action of ARCHIMÈDE, mixing teaching, research, and internationalization. We have planned two-week long master classes at CIRM and revolving around a teaching team led by a renowned researcher from abroad. The theme taught, in English, is intended to be one theme from the master programs hosted by ARCHIMÈDE and the audience will consist of local master students together with (selected) students from other universities (who will benefit from fundings by ARCHIMÈDE). These Master Classes will count in the assessment of students.

3.5.2.2 R&D Classes

This action is intended to have master students work over an eight-week span on a research and development project submitted by a company. The model is to have the students work in teams of 4 to 6 members over a period that is dedicated to the project in close connection with a project manager from the company and to have them deliver a project (a report, and possibly, a prototype program) at the end of the program. This cooperation model between university and companies exists in many engineering schools but it is not necessarily centered on research and development, which is the peculiarity of our proposal; yet, we plan to borrow the economic model implemented elsewhere and invite the companies involved to finance, through ARCHIMÈDE, the execution of the projects. These "classes" will count in the assessment of students for graduation. Also, they will give a larger place to research in companies and they will facilitate the professional insertion of students as R&D engineers or as jointly funded (ARCHIMÈDE and the company interested) PhD candidates.

3.5.2.3 Internship in Units

Master 2 students (especially in mathematics) will be welcomed to do their first research internship in a laboratory during up to three months. They will receive a stipend by ARCHIMÈDE for that work, according to the law, and to recognize their first contact in research.

3.5.2.4 Professional integration devices

- Participation to professional conferences such as AMIES,
- interdisciplinary courses such as scientific English, bibliography, data bases.
- Participation to scientific culture dissemination by tutorial of students in Maths en Jeans and Hippocampe programs (Dissemination and popularization Program)
- Participation in Interface program or Training units (Valorization & Transfer program).

interdisciplinary courses such as scientific English, bibliography, data bases.

3.5.3 Doctoral Program

3.5.3.1 Doctoral courses

We will organize lectures given by experts of the domain solicited by ARCHIMÈDE for doctoral students based on their needs under proposition of their supervisors. These propositions will be examined and selected by the ad hoc scientific committee of ARCHIMÈDE. All these courses are given in English and will prepare the students to participate to international conferences.

The PhD students will also benefit from the Master classes given at CIRM (see Master program) and will be encourage to attend some conferences during their PhD years.

3.5.3.2 Bridging units

French university students often experience difficulties to find jobs that correspond to their competence and skill level. In scientific domains, this is partly due to the existence of grandes écoles, which train students at a lower level (5 years after baccalauréat), but are more efficient in terms of connection with industry. The Bridging Unit aims at facilitating the employability of young students with a degree in mathematics or computer science (even in very theoretical domains), at various levels: master, doctorate and post-doc. The bridging program will ensure their professional training, develop their expertise and initial training, and strengthen their position with respect to the job market. In addition to the courses provided by master degrees and doctoral schools, the bridging unit will essentially propose technical training (modeling, applied mathematics, computer science), based upon practical projects, under the supervision of researchers and staff members from the development unit. The students will work either on development projects defined by ARCHIMÈDE (funding provided by the institute) or projects proposed (and funded) by external partners. Specific PostDocs positions will be proposed by the program. PhD students interested in closer connection with industry will be assigned specific transfer missions ("mission complémentaire de valorisation" in the French PhD programs) by the bridging unit, under either ARCHIMÈDE or external funding. Master students will also be offered the possibility of internships to complete their degree.

3.5.3.3 Alumni network

An Alumni association will be created to support ARCHIMÈDE 's goals, and to strengthen the ties between alumni, the community, and the Institute.

3.5.3.4 Professional integration devices

They are the same as in the Master Program. In addition, PhD students may also take advantage of the Hotel à projets (Valorization & Transfer program) to carry out R &D consulting missions in companies (mission complémentaire de valorisation).

3.5.4 Research-Learning Interface

We describe here the three last specific actions of ARCHIMÈDE, namely:

- Research Program
- Valorization and transfer
- Popularization and dissemination, which pertain to the research area and which are related with the training programs depicted in the above section.

3.5.4.1 Research Program

Research in residence. This program consists of periods ranging from 2 weeks to 3 months of intensive research in the Marseille area for visiting scholars and members of ARCHIMÈDE on leading subjects. That project has been launched by the LabEx Archimède. Six projects took place or are scheduled to take place soon, with a total number of 140 participants and a cumulative duration of 10 months. Since the projects were successful for the LabEx, the ARCHIMÈDE Institute will encourage people to submit research in residence projects. It will also support activities and meetings at the CIRM organized by its members.

Post-doctoral fellowships. The purpose of the Fellowship is to make funding available to attract young excellent post-doctoral fellows to the University, to enable them to develop their own research skills and simultaneously promote research within ARCHIMÈDE.

3.5.4.2 Transfer & valorization program

This program initiated by the LabEx Archimède has been very successful and the ARCHIMÈDE Institute is expected to boost its realizations and impact for master and PhD students.

Interface CIRM-ARCHIMÈDE. Interface is a new original program created by the CIRM. It is aimed for acquiring and discussing mathematical, computer and numerical tools, and concepts relevant to industry: modeling, simulation and optimization. This is a graduate training hosted by the CIRM, aimed for the continuous training of engineers, managers and professionals. CIRM is mobilizing its network of high-level mathematicians to propose short programs (from 3 to 5 days). The ARCHIMÈDE Institute will fund this for its students, creating for them a great opportunity to meet professionals from companies, and possible future employers.

Valorization Cell. As mentioned earlier, the discoveries made in the field of mathematics and computer science, even if theoretically-oriented, have significant impact on real-world applications. The valorization cell will work on easing the transfer between academic work and these applications; it will coordinate much of the actions from the transfer and valorization program.

Training units. The role of the Training Unit is to develop and transfer to socio-economic partners scientific knowledge from the research units, through high level professional training sessions, in the expertise domains of the ARCHIMÈDE members. Specific sessions will also be organized under request from interested trainees. Training sessions will be proposed to :

- scientists from other fields, and from research units outside ARCHIMÈDE;
- industrial partners in application domains of mathematics and computer sciences (biomedical and pharmaceutical domains, physics, chemistry, aerospace, web, ecology...);
- socio-economic actors for whom mathematics and computer sciences are unavoidable (i.e. various observatories, finance, insurance) and more generally any partner searching for training in mathematics or computer sciences.

The training sessions will take the form of 2 to 5 days sessions, managed by ARCHIMÈDE members. At the end of the session, certificates from the Institute, the Universities and perhaps industrial partners will be delivered to the participants.

Besides, some specific courses from our masters will be adapted and proposed in the framework of the training unit. This will provide another way to favor exchanges between students, academics and companies.

Software Development Cell (from the LabEx Archimède). PhD students or researchers from the ARCHIMÈDE Institute units often develop very sophisticated mathematical or computer models, and algorithms. The goal of the Development Cell is to finalize the development of prototypes originating from research teams along the standards of professional software engineering, shape and test them before dissemination under appropriate license. The “products” of the development unit will be conceived so as to be exploited by the Archimedes members in their own research projects, and in the framework of the actions of the training unit, distributed to other academic institutions and laboratories. This will provide ARCHIMEDE an increased of visibility. Some of these “products” could be valued economically, for example in the framework of collaborations with industrial partners who would take care of the transformation into a commercial product. Such partnerships will be managed in collaboration with the SATT and/or the transfer units of the institutions.

The projects developed within the Development Cell will be selected among projects submitted by the ARCHIMÈDE Institute members, or by industrial partners (which will, in this case, participate in the funding of the project). It is to be noticed that several industrial partnerships exist (Orange Labs, IBM research, Airbus, PSA Peugeot- Citroën and regional SMEs such as SoNear, Novadem and Genesis). The core of the Development Cell will be formed by 3 research engineers hired on permanent positions by the institutions, who will advise young scientists hired on short term missions at the Post-doc, PhD and master level in the framework of the Bridging Unit. Part of this unit should integrate the technological platform leaned to Archimède, in such a way that the specific skills of its engineers can benefit others fields and companies. This cell will be partially integrated in the technological platform whenever development toward external partner are involved.

Technological platform.

It is worth mentioning that the training unit and the software cell will merge into a “technological platform”, which is in preparation with the help of A*Midex and should be proposed in 2019. This platform should rely on the ARCHIMÈDE Institute, elaborated on the experience of the LabEx Archimède “software development and training units” in relation with socio-economic partners. It is based on the development of scientific techniques and algorithms coming from researchers. It aims at offering services recruiting advanced skills in mathematics and computer science, to outside structures (other laboratories, companies, etc) with internal competences, and experiences from master students to researchers and engineers (current or to be hired). These services are expected to have a broad spectrum from developing quality software components and associate benefits, to professional training, specific consulting, etc.

These services will be paid by the outside structures (training, development, consulting) the tariffs will be defined latter and should allow to attain an economic self-sufficiency of this platform within the duration of the Institute.

Hôtel à Projet

The Hôtel à Projets is intended to provide companies with a hub to direct the R&D projects for which they require expertises that can only be found in ARCHIMÈDE. It will be a joint project conducted within the French MSO (Modeling, Simulation and Optimization) network of the Agency for Interaction in Mathematics with Business and Society (AMIES), a national organization aiming to develop the relations between academic research teams in mathematics and business. It is a founding member of the European network Eu-Maths-In. This project will have a leveraging effect regarding the connections between academics and companies and will provide the site of Marseille with an operational entity that already exists in other cities in France (e.g. Grenoble, Strasbourg, Versailles). Including the project within the scope of ARCHIMÈDE will provide it with all the assets (visibility, expertises in mathematics and computer science and the growing needs of expertises in these fields in companies) to be successful. As a positive by-product, we expect the involvement of more private partners in the funding of PhDs and post-docs.

3.5.4.3 Popularization & dissemination

The LabEx Archimède had bet on the relevance of some events dedicated to promote mathematics and computer science to an audience of laymen. The Institute will pursue the promotion of such initiatives, together with AMU (doctoral college, and the service for scientific culture).

Maths en Jeans. This is an innovative pedagogical project that was introduced and developed in our university in the 90’s. The main goal of this project is first to initiate students to the methodology of scientific research by working on open problems of mathematics and then to initiate them to the popularization and dissemination of scientific culture.

Treize Minutes Marseille. The event *Treize Minutes Marseille* was launched in 2013, from the idea of several researchers in mathematics and computer science of the LabEx Archimède. Inspired by the homonym Paris event. It features 6 local researchers on a stage, each talking during 13 minutes on

their research, addressing a wide audience. Each year, at least a mathematician and a computer scientist are scheduled. In 2016, two sessions on the same day registered 570 attendees; the event is live-streamed, with hundreds of internauts.

In 2016, PhD candidates in math, computer sciences and other sciences created "Treize Minutes jeunes chercheurs" to promote and popularize the work of young researchers, with an equally great success.

Π-day. PhD candidates from the LabEx Archimède had initiated in Marseille the international Pi- day. LabEx Archimède was their promoter, but the dynamic PhD team gathered many other helps for organizing wonderful events gathering many types of audience, from 2015 to 2017 (<http://www.piday.fr/>).

Other events. LabEx Archimède researchers are involved in several large local events for the popularization of math and computer science, for example Nuit des chercheurs (2016, 2017). The LabEx Archimède granted some other smaller events, such as talks regarding the links between stochastic processes and a wide range of societal studies.

The year 2019-2020 will be the year of mathematics at CNRS. Many events will be organized and supported by ARCHIMEDE: workshops at CIRM for highschool students with activities like Maths en Jeans, mathematical forums, mathematical theater in partnership with the theater company «les n+1».

The ARCHIMEDE Institute wishes and encourages the promotion of any action towards the popularization of mathematics and computer science. ARCHIMEDE is intended to pursue this, with relevant help, welcoming at any time news ideas, by encouraging/supporting the continuation of both existing activities and the creation of new concepts.

4 A*MIDEX GLOBAL STRATEGY (WRITTEN BY A*MIDEX FOR THE EUR PROJECT)

Co-leading institutions of the Institutes led by AMU, research organizations work in tandem in the framework of the monthly A*MIDEX Steering Committee and implement a shared strategy in their joint research units on the Aix-Marseille site. In order to prompt researchers to participate in the Institute's teaching offer, research organizations have agreed to encourage them to teach 64 hours (HETD) of modules a year, and to consider their involvement in the Institute as a significant selection criterion for PEDR bonus. In practice, Institute researchers will be involved in disciplinary teaching, but also in new modules. For instance, to upgrade the teaching offer of all Institutes and better prepare Master and PhD students for their future career in research, AMU intends to create practical modules to train students to submit grants, taking the EU Horizon 2020 program's calls for proposals as examples. Institute researchers are expected to participate in these modules and illustrate them through real case studies. Another aim is to foster the turnover of this pool of "teaching researchers" over time, in accordance with their individual wishes, to spread the culture of teaching among Institute's researchers. In this purpose, AMU and research organizations have agreed to experiment

with mutual provision of academic personnel, time-limited and on specific assignments, within the scope of the Institute.

5 PROJECT ORGANIZATION AND MANAGEMENT

5.1 PROJECT MANAGERS

For the time of the application, we envision a trio of project managers : Emmanuel Godard (as manager), Xavier Roulleau (as co-manager) and Cécile Capponi (as co-manager for valorization).

- Emmanuel Godard
 - Position: full professor at AMU (since 2015).
 - Research themes: distributed computing: distributed computability, topological methods, natural computing.
- Xavier Roulleau
 - Position: full professor at AMU (since 2016).
 - Research themes: Algebraic geometry: K3 surfaces, Surfaces of general type, Hyperbolicity.
- Cécile Capponi
 - Position: associate professor (HDR) (since 2018)
 - Research themes: Machine Learning: multimodal learning and ensemble-based algorithms for learning, Bioinformatics.

5.1.1 Capsule biography of Emmanuel Godard

- **Since 2018** Head of the *Fiabilité et Sécurité Informatique* Master curriculum
- **2016-2018** Head of the 2nd-year *Fiabilité et Sécurité Informatique* Master speciality
- **2015-2018** Head of the 1st-year Bachelor degree in Computer Science, on-line curriculum.
- **Board membership**
 - Member of the Ecole Doctorale 184 Board, since June 2016.
 - Member of the Centuri Institute scientific board, since Sept. 2017.
 - Elected Member of the LIS board since 2018

5.1.2 Capsule biography of Xavier Roulleau

- **2019-2020** Head of the Master II on the theme “Algebraic Geometry and Arithmetic” for year 2019-2020. It includes the organization of a Master class on Cryptography in Avril 2019.
- **February 2019** Co-organizer of the Thematic Month “Complex Geometry” to be hold in the CIRM (Luminy) during. There will be a one week Master Class followed by 4 weeks of conferences.
- **Board membership**
 - Member of the Scientific Council of the I2M

5.1.3 Capsule biography of Cécile Capponi

- **Since 2011** Deputy director for Valorization at Labex Archimède
- **Since 2013** Founding member of “Treize minutes Marseille”
- **Board Membership**
 - Member of Archimède board 2011-2019
 - Member of the Ecole Doctorale 184 Board, since 2018.

5.2 ORGANIZATION OF THE STAKEHOLDER ENTITIES

ARCHIMÈDE is based on the excellence of the research activities in mathematics and computer science developed on the Aix-Marseille site.

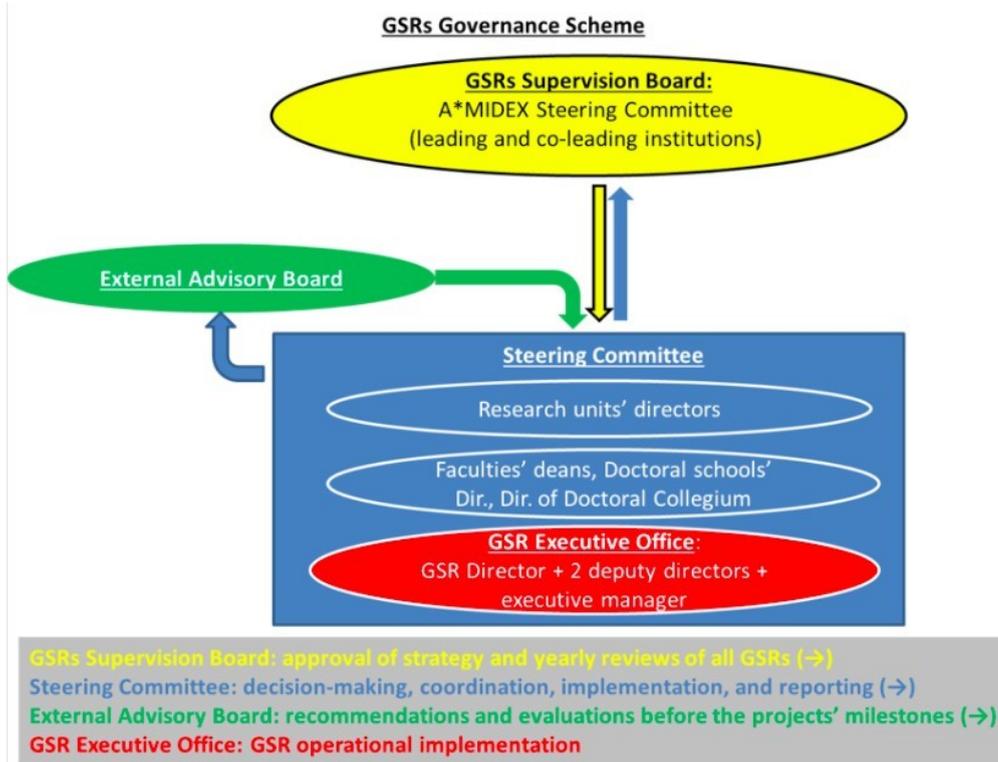
The department of Mathematics, the department of Computer Science of AMU and ECM have a longstanding tradition of cooperation at master level. Research-oriented common learning curriculum with ECM exist in mathematics and computer science and between the two departments. Relations with industry and welcoming foreign students (cooperation agreements with Brazil and China, foreign language course...) are strengths of ECM that ARCHIMÈDE will rely upon. ED184 is currently in charge of doctoral studies for Mathematics and Computer Science. ARCHIMÈDE will be the place to strengthen the interactions and actions supported by these entities for master and PhD students.

5.3 COORDINATION FRAMEWORK

The A*MIDEX steering committee - which statutorily includes AMU's Research and Education Vice-Presidents - will hold yearly reviews of the Institute achievements and be the Supervision Board of all Institute projects. A dedicated Institute's supervisor will be appointed at the A*MIDEX Foundation, as a point of contact to oversee organizational issues and facilitate steering of the Institute's action plan 2018-2027.

Moreover, to improve coordination, a single governance scheme has been set up by A*MIDEX for all Institutes, including:

- An Institute Steering Committee, which will be the decision-making body of the Institute, involving the participation of faculties' deans, doctoral schools' directors, the director of the doctoral collegium, and research units' directors,
- An Institute Executive Office with 3 deputy directors (research, education, innovation) around the Institute director, with the operational support of an executive manager,
- An Institute External Advisory Board, which will meet at least every other year and compulsorily before the projects' milestones at years 3 and 6.



Last, this detailed organization and all terms and conditions of the partnership will be described in an Institute consortium agreements, which will be specific annexes to the A*MIDEX framework consortium agreement and refer to the latter, following the method formerly used to draw up LabEx consortium agreements.

5.4 INSTITUTIONAL STRATEGY

This application for the Institute Call falls within the strategy approved for the Aix-Marseille site in research, education and international relations by its partner institutions, grouped in the A*MIDEX Steering Committee (StC). Concretely, it was incited by the A*MIDEX StC, which gave a “Go” to the project after analyzing its letter of intent. ARCHIMÈDE Institute has indeed met all the expected criteria identified by the StC.

Furthermore, this Institute project is a new step building on the structuring achievements of LabEx Archimède in Mathematics and Computer Science, which is a key thematic priority for the Aix-Marseille site.

6 EXTERNAL PARTNERS

Marseille is a large Mediterranean city. AMU has a strong Euro-Mediterranean identity and is very active in Africa and in the French speaking world. The ARCHIMÈDE Institute should encourage the development of mathematics and computer science in other Mediterranean and African countries. We will also build on the existing bounds with other countries and international research units (UMI),

such as Rio de Janeiro, Pisa, Mexico, Santiago de Chili, Moscow. As is already explained above some joint programs will also be developed with the help of CIMPA.

6.1 FUNDING PARTNERS

University of Sfax. The university of Sfax (Tunisia) will participate to the ARCHIMÈDE Institute and will give each year :

- 4 scholarships of 4000€ each for 2nd-year Master students doing their master thesis in Marseille;
- 2 shared scholarships of 3200€ each (2000€ for 2 months in France and 1200€ for the period in Tunisia all this during 3 years) for PhD students; for a total of 313 600€ along the 10 years.

The ARCHIMÈDE Institute will complete the financial support of the shared PhD scholarships with 2000 e per year. This will certainly increase the exchanges and cooperations between AMU and some Mediterranean countries.

Ecole Centrale de Casablanca. The Ecole Centrale Casablanca in Morocco will support one PhD scholarship every two years, in co-mentorship with the ARCHIMÈDE Institute. This will give a supplement of 367 200 € to ARCHIMÈDE.

6.2 OTHER PARTNERS

- CIMPA : Centre International de Mathématiques Pures et Appliquées, LabEx CARMIN, UNESCO
- IMPA : Instituto de Matemática Pura e Aplicada, UMI 2924 CNRS, Rio de Janeiro
- Laboratory Ypatia of Mathematical Sciences, LIA CNRS, Rome
- HSE: National Research University, Higher School of Economics, Moscow
- IRSN Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire
- Center Solomon Lefschetz in Mexico,
- Centre de Modélisation Mathématiques in Santiago du Chili.

7 FUNDING JUSTIFICATION

Calculs basés sur une période de 10 ans, hors frais de gestion. La présentation est organisée selon 4 champs : formation, recherche, valorisation et gouvernance.

7.1 FORMATION

Bourses Master 1

14 bourses de 10 000 € / an	1 400 000 €
Renouvelables pour une 2 ^{ème} année (14 bourses sur 9 ans)	1 260 000 €

Bourses Master 2

6 bourses entrantes de 10 000 € / an 600 000 €

Soit 14 bourses de M1 et 20 bourses de M2 / an

Gratifications de stage

18 stages de 3 mois, soit 54 mois de gratifications / an (base : 554,40 € / mois) 299 376 €

Master en Afrique

20 000 € de bourses / an 200 000 €

Ecole de recherche Archimède – CIMPA – UNESCO, 10 000 € / an 100 000 €

Cours en master et doctorats

o Intervenants internes AMU : 2 000 h (base 58,80 € / h) 117 600 €

o Intervenants externes : 6 invitations par an pour 2 semaines

▪ Cours 1 000 h (base 58,80 € / h) 58 800 €

▪ Missions (base 2 000 € / invitation) 120 000 €

Master Classes

2 master classes / an organisées au CIRM (moitié prise en charge par le CIRM) 160 000 €

7.2 RECHERCHE

Bourses doctorales

7 nouvelles bourses / an, soit au maximum 21 bourses / an. Total : 56 bourses de 3 ans, sur base 95 000 € / bourse 5 320 000 €

Bourses post-doctorales

Moyenne de 6 bourses / an, base 45 000 € / bourse 2 700 000 €

Écoles d'été et conférences

20 000 € / an pour favoriser la participation de nos étudiants de M2 et doctorants à des écoles d'été ou conférences, comprenant frais de voyage et d'inscriptions (+ exceptionnellement l'hébergement si le laboratoire ne peut pas le prendre en charge)

200 000 €

Appel à projets « au fil de l'eau »

Projets financés dans la limite de 3 000 €, 40 000 € / an 400 000 €

Programmes de recherche en résidence

Projets impliquant au minimum 8 semaines d'invitation, 20 000 € / an 200 000 €

Convention de reversement CIRM

Reversement annuel de 80 000 € pour financer des semaines de conférences / mois thématique / chaire morlet organisés au CIRM
800 000 €

7.3 VALORISATION

2 ingénieurs de recherche « développement logiciel » (dont un CDI)	920 000 €
Fonctionnement de la cellule valo	
Stagiaires, formations , frais de mission	50 000 €
AMIES + classe R&D	
SEME, collaborations avec entreprises, avec participation financière du LabEx AMIES	200 000 €
Activités CIRM	
Participations de 15 étudiants / an aux formations proposées par le CIRM, orientées vers les entreprises. Base : 1 500 € / semaine	225 000 €

7.4 GOUVERNANCE

Coordinateur/trice (CDI)	435 840 €
Management	
o Décharges d'enseignement : 96 h / directeur, directeurs adjoint, soit 288 h / an	120 000 €
o Frais de gouvernance : missions, réunions, achats de fournitures et de matériel de bureautique ou informatique	120 000 €
Communication et visibilité	
Posters et stands événementiels, base 4 000 € / an	40 000 €

TOTAL du budget prévu	16 044 696 €
------------------------------	---------------------

La contribution de chaque champ au budget total prévu est donnée ci-dessous.

Formation	26,9 %
Recherche	60 %
Valorisation	8,7 %
Gouvernance	4,4 %

Annexe 1 : Détail budget Institut Archimède

	Coût unitaire	Quantité par an	Durée (ans)	Total
FORMATION				4 315 776 €
Bourses de M1	10 000 €	14	10	1 400 000 €
Bourses de M2 - nouveaux boursiers	10 000 €	6	10	600 000 €
Bourses de M2 - boursiers M1 renouvelés	10 000 €	14	9	1 260 000 €
Gratifications stage	554 €	54	10	299 376 €
Master en Afrique / UNESCO / CIMPA	30 000 €	1	10	300 000 €
Heures intervenants internes AMU pour master / doctorats	59 €	200	10	117 600 €
Heures intervenants externes pour master / doctorats	59 €	100	10	58 800 €
Déplacements intervenants externes pour master / doctorats	2 000 €	6	10	120 000 €
Master Classes au CIRM	8 000 €	2	10	160 000 €
RECHERCHE				9 620 000 €
Bourses doctorales	95 000 €	7	8	5 320 000 €
Bourses post-doctorales	45 000 €	6	10	2 700 000 €
Ecoles d'été / conférences	20 000 €	1	10	200 000 €
Au fil de l'eau	40 000 €	1	10	400 000 €
Programmes de recherche en résidence	20 000 €	1	10	200 000 €
Convention de reversement CIRM	80 000 €	1	10	800 000 €
VALORISATION				1 395 000 €

Salaire ingénieur de recherche	46 000 €	2	10	920 000 €
Fonctionnement de la cellule valo	5 000 €	1	10	50 000 €
AMIES/ classe R&D	20 000 €	1	10	200 000 €
Activités CIRM - Programme Interface	1 500 €	15	10	225 000 €
GOUVERNANCE				713 920 €
Salaire ingénieur d'étude	43 584 €	1	10	435 840 €
Heures de décharges d'enseignement	41 €	288	10	118 080 €
Frais de gouvernance	12 000 €	1	10	120 000 €
Communication / visibilité	4 000 €	1	10	40 000 €
TOTAL				16 044 696 €

Cécile Capponi (LIS)
Emmanuel Godard (LIS)
Xavier Roulleau (I2M)

☎ (+33) 4 86 09 04 70
✉ cecile.capponi@univ-amu.fr
✉ emmanuel.godard@univ-amu.fr
✉ xavier.roulleau@univ-amu.fr

Marseille, 11 juin 2019

Denis Bertin
Vice-Président délégué fondation A*MIDEX
Aix-Marseille Université
Pharo - 58 BVD Charles Livon
Jardin du Pharo - 13007 Marseille

Objet : Réponses Institut Archimède Mathématiques-Informatique

Nous remercions le Board International d'A*MIDEX pour ses remarques constructives et ses questions auxquelles nous répondons dans ce document qui vient donc en complément et précise la lettre d'intention initialement soumise.

Cécile Capponi, Emmanuel Godard et Xavier Roulleau
porteurs du projet d'Institut *Archimède Mathématiques-Informatique*

Questions Générales

1. Description de la structuration progressive de l'Institut sur les cinq prochaines années en décrivant les postériorités issues du LabEx Archimède et les priorités (axes thématiques et forces) de l'institut, ainsi que les actions transverses Math/Info qui est une spécificité du site.

La structuration de l'Institut sera constituée progressivement. L'ambition est de construire un institut interdisciplinaire mathématiques-informatique de premier plan avec des axes prioritaires pour l'interdisciplinarité notamment mathématiques-informatique.

La gouvernance sera constituée selon le modèle proposé lors de l'appel à proposition. Cela pourra évoluer en fonction des discussions avec les tutelles. Le comité de pilotage est constitué des Vice-Présidents Recherche, Formation, A*Midex, du doyen de l'UFR Sciences, du Directeur du Collège doctoral, de l'Ecole doctorale et des représentants désignés par les EPST. Il sera constitué et réuni durant les 6 premiers mois. Le comité exécutif sera constitué de la direction (directeur, directeur adjoint, directeur adjoint à la valorisation) et du responsable de projet recruté pour l'Institut et des responsables des comités internes (recherche, formation, ...).

Actions transverses :

Le rapport de prospective 2019 de l'INS2I au CNRS indique que, si les mathématiques sont le langage historique des sciences, au 21^e siècle, l'informatique est en passe de devenir également un langage universel. Notre conviction est que l'enjeu n'est donc pas seulement de développer à Aix-Marseille deux disciplines mais également de participer à la construction en cours du nouveau langage pour les sciences et les technologies : le langage "math-info".

A Aix-Marseille, la collaboration entre mathématiques et informatique se déroule excellemment, nous souhaitons amplifier ces collaborations. En conséquence, tous les programmes de l'Institut Archimède présenteront une priorité pour les collaborations issues de deux laboratoires. Une partie d'entre eux seront entièrement dédiés à ces collaborations, en particulier sur les priorités identifiées de l'institut.

Deux thématiques prioritaires seront soutenues. Il s'agit de

- sciences des données, IA et apprentissage statistique
- fiabilité, sécurité et cryptographie

Postériorité du LabEx Archimède

Nous avons conservé le nom du LabEx pour l'Institut car ce fut une expérience extrêmement positive pour l'ensemble des communautés scientifiques impliquées. Le projet Institut Archimède est cependant très différent de celui du LabEx à bien des égards. Ce projet vise bien davantage à capitaliser sur l'héritage du LabEx Archimède qu'à le prolonger. Si nous conservons un programme de bourses de M2 attractif à l'international, ainsi qu'un petit volant de projets non fléchés financés au fil de l'eau, ainsi qu'un lien privilégié avec le CIRM, nous allons déployer l'Institut très majoritairement dans des directions et des actions différentes. Tout d'abord, en ce qui concerne la formation à et par la recherche, les actions (bourses, master-class, information et valorisation) s'étendront sur l'ensemble des années et des parcours de Master associés à l'Institut. Sur l'ensemble des actions de l'Institut Archimède, une proportion significative sera fléchée spécifiquement sur les thèmes prioritaires. Une nouvelle dimension internationale est également ajoutée avec l'ouverture du Master Afrique en mathématiques. Nous soulignons également que nous passerons une nouvelle étape en terme de valorisation avec une offre de services et de formations très novatrice.

2. Stratégie en terme d'emploi : planification pluri-annuelle des Ressources Humaines sur cinq ans en cohérence avec les choix stratégiques formation&recherche.

Sur les aspects RH, nous déploierons l'Institut dans ses différents facettes : direction, fonctionnement et communication ; aspects formations, valorisation et recherche.

Fonctionnement et communication de l'institut

Les besoins sont immédiats.

- Un(e) responsable de projet (niveau IGE/IGR)
- Un(e) chargé(e) de communication / community manager (niveau IGE) (à mutualiser avec les laboratoires)

Etant donné l'ampleur du projet, son fonctionnement et son animation devront être portés par un personnel à plein temps.

Concernant la communication, le site web du LabEx Archimède sera partiellement réutilisé afin de bénéficier de son référencement. Un accent particulier sera mis sur la communication et en particulier les réseaux sociaux.

Formation

Les formations de master ainsi que les doctorats sont gérés par les composantes et écoles doctorales et dotés en personnels de gestion.

L'aspect RH concernant l'Institut est essentiellement la partie qui concerne les bourses de thèses (d'excellence et sur projet de recherche), des financements destinés aux étudiants de masters sur critères d'excellence (attractivité nationale et internationale), des bourses de mobilité sortante pour les étudiants du site, entrante pour les étudiants du programme Afrique, et la gratification des stages que nous proposons de prendre en charge.

Nous soutiendrons également les deux programmes "Master Class" et "Interface" au CIRM par des volumes d'heures d'enseignements de 300h par an.

Nous appuierons également le développement du programme de formations professionnelles, donc les publics seront potentiellement tout à la fois issus de nos partenariat avec le privé que des besoins identifiés des laboratoires et instituts d'AMU.

Valorisation

Chaires industrielles

Les chaires industrielles seront génératrices de ressources RH (CIFRE, ingénieurs,...) financées par les industriels. Deux chaires industrielles au moins seront mises en place dans les 3 premières années. L'extension des relations avec ceux-ci peut permettre d'envisager la création une troisième chaire en 5^e année.

Cellule Valorisation et plateforme technologique

Nous recruterons deux ingénieurs la première année, afin d'amorcer le catalogue de la plateforme technologique. Un troisième les rejoindra en deuxième année, les recrutements ultérieurs devront s'équilibrer avec les revenus générés par la plateforme.

Attractivité et rétention Nous soulignons ici à quel point il est important de prendre en compte la situation extrêmement tendue de l'emploi pour les ingénieurs informaticiens de haut-niveau et de définir une politique d'attractivité et de rétention afin de pouvoir et travailler et continuer à travailler avec les meilleurs talents. Privilégier les postes pérennes (CDI, postes statutaires) doit être une véritable piste de réflexion afin d'être compétitif sur ce marché.

Recherche

Nous voyons deux enjeux du point de vue recherche.

Chaires Nous envisageons que dans les 5 ans au moins trois chaires (senior ou junior) pourraient être mises en place sur les thèmes prioritaires de l'institut. Dans tous les cas il s'agira d'**attirer ou de retenir** sur le site un(e) chercheur(se) considéré(e) comme étant du meilleur niveau. En fonction des opportunités, nous prévoyons également de co-financer des chaires, comme celles qui peuvent être proposées par le PIA, sur, notamment, des thématiques prioritaires de l'Institut.

Ces chaires pourront soit accompagner un recrutement sur poste statutaire soit permettre un recrutement de type CDD (à convertir en recrutement statutaire ou non). Le budget complet pour une chaire est évalué à environ 150000€/an par chaire.

Le processus sera évalué au bout de 5 ans dans toutes les dimensions de l'Institut.

Projets conjoints La science des données (dont l'IA), la sécurité des données sont des enjeux majeurs pour le développement des laboratoires et Institut de AMU. Une collaboration renforcée est à mettre en place afin d'identifier et d'aider à évaluer les besoins en IE, en IR, en postdoc dans le domaine de ceux-ci. En tant que hub mathématiques-informatique, dans l'objectif de travailler avec des personnels expérimentés en Informatique et Mathématiques appliquées, l'Institut souhaite accompagner les instituts afin de leur faire bénéficier de notre expérience dans le domaine de l'implémentation d'algorithmes complexes, ou des pipelines avancés de traitement de données, tant d'un point de vue RH que d'un point de vue technico-scientifique.

3. Planification annuelle détaillée sur cinq ans, par action (formation, recherche, innovation, international, liens avec le monde socio-économique).

Les tableaux ci-dessous récapitulent les actions pour les 5 premières années, notamment en RH, pour nos différents programmes.

Formation

année	1	2	3	4	5
Bourses M1	6	10	14	14	14
Nouv. Bourses M2	6	6	6	6	6
Renouv. Bourses M2	0	6	10	14	14
Stages de Master	30	45	54	54	54
Master Afrique	1	1	1	1	1
Heures Intervenants Internes	50	100	150	200	200
Heures Intervenants Externes	25	50	75	100	100
Déplacements Intervenants	2	4	6	6	6
Master Classes CIRM	1	2	2	2	2

Recherche

année	1	2	3	4	5
Chaires	1	2	2	3	3
Bourses Doctorales	4	5	7	7	7
Bourses Post-Doctorales	3	4	6	6	6
Ecoles d'été / conférences	0	1	1	1	1
Projets au Fil de l'eau	40 K€				
Recherche en Résidence	10 K€	20 K€	20 K€	20 K€	20 K€
Reversement au CIRM	80 K€				

Valorisation

année	1	2	3	4	5
Ingénieurs de Recherche	2	3	3	4	4
Fonctionnement de la Cellule Valo	5 K€				
AMIES / classes R&D	0	1	1	1	1

Gouvernance

année	1	2	3	4	5
Ingénieur d'Etude	1	1	1	1	1
Décharges Enseignements	288	288	288	288	288
Communication	4 K€				

Formation

Dans une compétition internationale vis-à-vis des GAFAs, la valeur ajoutée de institut concerne les enjeux de formation, qui sont peu appréhendés par les industriels. L'institut doit donc non seulement s'appuyer sur un socle de formation initiale mais également développer une offre de formation continue et professionnalisante sur les thèmes prioritaires

Sans occulter une situation de compétition singulière avec les acteurs (grands ou non) du privé, l'Institut doit assumer la place qui est la sienne, au sein de l'Université, c'est-à-dire, produire et transmettre des connaissances. Au delà de la question concrète de l'organisation des formations, l'Institut s'attachera à produire les conditions concrètes du maintien et de la mise en place de formations ambitieuses et de haut niveau dans ces thèmes compétitifs. Ceci repose en particulier sur le maintien et le développement d'une expertise interne du plus haut niveau. L'Institut Archimède participe de manière centrale à ces conditions.

Une réflexion sera poursuivie autour des formations bi-disciplinaires. L'Institut accompagnera prioritairement celles-ci notamment en termes de bourses de Master.

Nous souhaitons mettre en contact une majorité de nos étudiants avec les laboratoires hors du périmètre d'Archimède, au même titre que les entreprises qui viennent se présenter auprès d'eux chaque début d'année.

Nous travaillerons au développement du catalogue de formations continues et professionnalisantes tant en direction des entreprises du privé que du monde académique. Nous souhaitons tripler en trois ans l'offre de formation (5 formations sont proposées actuellement). Nous évaluerons tout particulièrement le développement et l'adéquation de celles-ci au bout de ces trois années.

Recherche

1. Décrire les domaines de compétences/spécialisations, par conséquent les priorités thématiques et les forces en présences

Les quatre thèmes scientifiques majeures développés à l'I2M, au LIS et au CPT sont donnés ci-dessous (pour un total de 346 équivalents temps-plein).

- Analyse, Modélisation, Optimisation (83 ETP)
- Statistiques, Théorie du signal, Apprentissage automatique et Automatique (103 ETP)
- Systèmes dynamiques, Géométries, Probabilités (95 ETP)
- Algorithmiques, Logiques, Théorie des nombres (65 ETP)

Les thèmes prioritaires de l'Institut sont

- sciences des données, IA et apprentissage statistique (traiter et analyser des données complexes et/ou massives)
- fiabilité, sécurité et cryptographie (concevoir, prouver et déployer des systèmes complexes et/ou critiques)

Ces deux thèmes regroupent environ 110 ETP (pour deux tiers dans le premier thème, et le tiers restant dans le second). Nous nous appuyerons sur les forces respectives – tant recherche que formation – de ces deux thèmes afin de les développer de manière optimale pour le site Aix-Marseille.

2. Renforcer la valorisation des thématiques qui différencient le site

Deux thématiques ont été identifiées comme précisé en introduction. Le développement de ces thématiques nécessite une grande interdisciplinarité mathématiques-informatique. De nombreux spécialistes sont présents tant à l'I2M qu'au LIS. En terme de traitement du signal, d'apprentissage automatique, les équipes de l'I2M et du LIS sont réputées. En cryptographie l'I2M possède ou a recruté récemment plusieurs chercheurs réputés. En terme de formation, le Master Informatique propose une formation labellisée en cybersécurité. Les actions que l'Institut mènera ont pour vocation de renforcer et valoriser ces points forts dans toutes leurs dimensions.

Une réflexion sur l'amont des besoins bidisciplinaires sera également menée afin d'identifier les actions permettant d'attirer et former les scientifiques maths-info de nouvelle génération.

La création de l'Institut permettra de rendre visible ces thématiques tant au niveau national qu'au niveau régional, pour l'ensemble des opérateurs de recherche.

3. Identifier des thématiques transverses prioritaires pour le site

Un travail particulier sera effectué sur les deux thèmes prioritaires (IA et données, sécurité). Les chaires industrielles ainsi que les chaires junior/senior seront fléchées vers ces thématiques. Le développement de ces deux thèmes n'étant pas identiques en l'état actuel, ils seront abordés de manière différentes. Les premières chaires seront pour le thème "IA et données".

Innovation

La *Cellule Valorisation* aura une place de premier ordre au sein de l'Institut. Les mises en relation avec des entreprises ou des laboratoires seront travaillées particulièrement à tous les niveaux de formation (master, doctorat), notamment au travers du programme Interface.

Par ailleurs, la propriété intellectuelle du logiciel sera considérée en amont de toute collaboration ou transfert, par la cellule de valorisation en accord avec les tutelles, et les partenaires ProtisValor et la SATT. En matière de type de licences logicielles, l'institut conseille les auteurs en prenant en considération (1) les recommandations des tutelles et partenaires, (2) le contexte du logiciel et des recherches menées autour de lui (nécessité ou pas, pour les chercheurs, d'une licence collaborative et/ou libre et/ou commerciale), et (3) la nature même du logiciel et son potentiel de diffusion. La politique d'Archimède est de favoriser la diffusion – scientifique ou industrielle selon le cas – des logiciels qui y sont développés. Ainsi, Archimède accompagne les chercheurs de l'Institut jusqu'à un accord avec les tutelles et partenaires de valorisation.

International

Nous maintiendrons un haut niveau d'attractivité et de visibilité pour le site. Nous vous informons en particulier que le projet de Master *Bobo - Abidjan - Marseille* vient d'être retenu par le Ministère des Affaires Etrangères.

Lien avec le monde socio-économique

1. Au regard du potentiel recherche et formation, l'institut doit établir une feuille de route pour

développer le partenariat avec le monde socio-économique

L'objectif est de constituer le *Hub Maths-Info Provence*. Ce hub se veut être le point d'entrée pour toutes les thématiques mathématiques-informatique (et en particulier pour les questions "IA et données") pour les industriels et les académiques de la région.

Les objectifs sont de

- Doubler les bourses CIFRE
- Maintenir le haut volume de diffusion scientifique
- Création hôtel et plateforme technologiques
- Recrutement initial d'ingénieurs pour l'amorçage de la plateforme

Nous nous appuyerons sur l'ensemble des outils suivants, hôtel technologique, SEME et master class, formation professionnelle, programme Interface, cifre. Nous maintiendront le réseau d'alumni, ainsi que les liens avec le LabEx national AMIES autour des mathématiques et de l'informatique appliquées aux entreprises et à la société. Ceci devra s'articuler à la création et/ou promotion de chaires industrielles déjà mentionnées.

2. Créer l'hôtel & Plateforme Technologiques

Nous créerons la plateforme technologique dès 2020, après recrutement des deux ingénieurs. Après une préparation de l'ordre de 18 mois afin d'en identifier les meilleurs acteurs potentiels, nous ouvrirons l'hôtel technologique en janvier 2021.

Institut Méditerranéen pour la Transition Environnementale (ITEM)

Groupe de rédaction animé par J. Rose

L'institut ITEM souhaite devenir l'instrument de formation et de recherche capable de positionner AMU au meilleur niveau international dans le cadre de la transition environnementale et de contribuer à la mise en œuvre des Objectifs du Développement Durable. Notre vision s'inscrit dans la co-construction de l'inter-sectorialité au-delà de la juxtaposition des disciplines. ITEM se développera en liens étroits avec plusieurs autres Instituts afin de proposer une **approche interdisciplinaire et intersectorielle.**

1 L'institut ITEM : Contexte

L'ONU a reconnu par l'adoption en 2015 de l'agenda 2030 pour les Objectifs de Développement Durable (ODD), le besoin urgent de maintenir le système Terre dans un état résilient pour le bien-être des populations et de limiter le réchauffement climatique à un niveau acceptable¹. Du fait de l'impact des changements globaux, le système Terre a atteint ses limites dans l'utilisation de ses ressources et l'intégrité de la biosphère. L'Accord de Paris de 2015 fait de la lutte contre le changement climatique une condition au développement pérenne de nos sociétés. La feuille de route de l'Agenda 2030 repose sur une transition du modèle de société vers un fonctionnement plus sobre associant progrès économique, écologique et humain. Cette transition reposera donc sur de nouveaux paradigmes et des changements de pratiques et d'usages. L'idée qu'il existe toujours une solution technique à nos problèmes doit être dépassée.

L'institut ITEM (Institut Méditerranéen pour la Transition Environnementale) ambitionne de profiter de l'opportunité offerte par la **transition environnementale**² pour opérer une inflexion majeure des sciences de l'environnement qui, dans le contexte présent, regroupent les sciences physiques, naturelles, de la santé, humaines et sociales, juridiques et économiques. Il s'agit à présent d'aller au-delà du diagnostic des activités humaines et de la proposition de mesures correctives. Il faut en effet aborder les questions liées aux changements de pratiques et d'usages sociétaux dans leur complexité. Les changements concernent l'environnement au sens large, ce qui implique une démarche holistique et donc à la fois interdisciplinaire et intersectorielle. L'ensemble des compétences en **sciences de l'environnement** réunies au sein de l'institut représente une opportunité unique pour répondre à ce challenge. ITEM se consacrera à la recherche et au développement de solutions innovantes pour mieux gérer et anticiper les risques naturels et industriels, accompagner la transformation des villes qui accueilleront 75% de la population à l'horizon 2050 et *in fine* élaborer des méthodologies et des voies d'innovation plus durables pour la société, en lien avec plusieurs des ODDs et en privilégiant le **Bassin Méditerranéen**.

Les forces et les domaines d'expertise de l'institut reposent sur un ensemble cohérent de partenaires et de projets nationaux et internationaux et sur la volonté de faire converger les acquis de trois Labex³ en environnement, sciences et technologies avancées et en physique⁴. La réputation internationale a été accrue grâce aux projets financés par le PIA (**3 Labex et 2 Equipex**) autour d'études sur l'impact des changements environnementaux dans le Bassin Méditerranéen et de l'écoconception de (nano)-technologies innovantes, ainsi que la physique urbaine comme en témoigne la bibliométrie⁵. Plus précisément ITEM peut revendiquer un leadership international pour l'étude des changements climatiques et des risques naturels, de leur impact sur les ressources, les services écosystémiques et des risques associés incluant leur perception, la résilience et l'adaptation. Le consortium constituant ITEM a développé une approche pionnière concernant l'innovation raisonnée éco-compatible en particulier dans le cas des nanotechnologies en prenant en compte leur cycle de vie. Cette approche se déploie aussi sur les nouvelles technologies de l'énergie, sur une gestion raisonnée des ressources et les problématiques de l'économie circulaire. L'attractivité internationale d'ITEM repose aussi sur des plateformes instrumentales uniques telles celles de géochimie isotopique et de radionucléides cosmogéniques (Equipex ASTER), de micro et nano spectro-imagerie RX (Equipex NANO-ID), le laboratoire mobile de caractérisation des contaminants atmosphériques (Plateforme MASSALYA/Equipex Nano-ID), et de cytométrie pour l'environnement (Plateforme Précym). L'institut est fondateur de la plateforme MedECC (Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change), établi en collaboration avec plus de 360 scientifiques et des instances politiques autour du Bassin Méditerranéen.

Les Labex SERENADE et OT-Med ont su agréger d'autres partenaires grâce au soutien d'AMIDEX et l'effet levier auprès de la Commission Européenne³ et d'autres réseaux internationaux (GDRi iCEINT devenu l'IRP INOVE, USA, LMI COSYS-Med, Tunisie, MOVIDA et Mediter, Afrique subsaharienne et pourtour méditerranéen). Les deux Labex, associés au MS2E qui a porté le LABEX ICOMe2, représentent les ferments de ce changement de paradigme en sciences de l'environnement à AMU.

¹ voir le rapport commandé par la COP21 au **GIÉC** sur les impacts d'un réchauffement global de 1.5°C prévu en octobre 2018 et **auquel deux chercheurs d'ITEM ont travaillé**.

² La transition environnementale intègre la transition de tout comportement humain vers l'environnement, elle inclut, entre autres, les transitions écologique et énergétique.

³ C.f. Annexe 2: paysage actuel des domaines d'excellence de l'INSTITUT en sciences de l'environnement via les projets de grande envergure financés

⁴ Il s'agit des Labex OTMED (2012-2020), SERENADE (2012-2020) et ICOMe2 (2012-2017).

⁵ Au cours de la dernière décennie, parmi les 39000 articles publiés avec les mots clés liés à l'environnement et à la Méditerranée, AMU occupe la 6ème place après les institutions nationales (CSIC (ES), CNRS & IRD, l'Université de Barcelone (ES) (Source WoS)). En ce qui concerne « Nano et Environnement », les partenaires d'AMU ont publié plus de 160 articles depuis 2007, avec 10 « articles hautement cités » (8 cités > 200 fois cumulant 2954 citations).

L'institut proposera des outils de formations innovants en s'appuyant sur des formations de haut niveau de Master et Doctorat qui dépendent de quatre écoles doctorales et sept composantes de formation d'AMU.

Le choix du Bassin Méditerranéen comme zone d'étude privilégiée renforcera la stratégie 2018-2022 d'AMU. Cette région subit des transitions très marquées, du point de vue humain, économique, politique, écologique, et par conséquence une évolution rapide des territoires. Ce bassin concentre ainsi de nombreux enjeux comme une forte densité de population, des événements climatiques extrêmes, un point chaud de biodiversité, une mer fortement soumise à des contaminations multiples. Tous ces enjeux sont marqués par une unité liée à la géologie, au climat, à l'histoire et aux cultures millénaires. L'institut veillera à valoriser ses travaux sur cette zone, mais s'intéressera à d'autres régions en particulier si ces travaux permettent d'extrapoler, capitaliser et valoriser les résultats obtenus sur le Bassin Méditerranéen. L'institut bénéficiera de moyens d'observation et des services nationaux, portés par l'OSU-Pythéas et ses laboratoires, via des Observatoires Homme-Milieu (OHMs Littoral Méditerranéen et Bassin Minier de Provence), le navire station ANTEDON et les services à la mer de l'OSU et du MIO et des plateformes instrumentées spécifiques (grande soufflerie air/eau) et du suivi à long terme des paramètres de l'environnement (composition atmosphérique/NDACC et ICOS), données marines (SOMLIT, MOOSE et DYNALIT) ou forestières (O3HP, Font-Blanche).

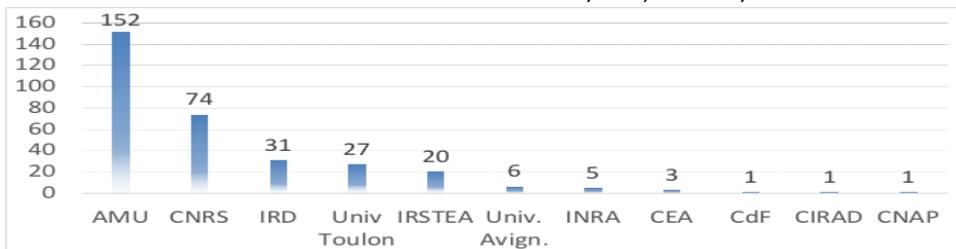
2 Périmètre de l'institut ITEM

Le projet d'institut est porté par le Pôle de Recherche Interdisciplinaire et Intersectoriel (PR2I) Environnement et développé par les Labex OT-MED, SERENADE, ICOMe2, les Equipex ASTER et Nano-ID, les masters de l'OSU Pythéas (BEE, GEE, STPE, Sciences de la Mer), de l'IMPGT, ALLSH, La faculté de Médecine, la MMSH ainsi que les écoles doctorales Sciences de l'Environnement, Sciences économiques et de gestion, Espaces Cultures Société et Sciences juridiques et politiques d'AMU comme indiqué dans le tableau suivant.

Masters et Ecoles Doctorales associés	
<p>OSU Pythéas: Masters: BEE: Biodiversité, écologie et évolution, GEE: Gestion de l'environnement, STPE: Sciences de la terre et des planètes, environnement, ScM: Sciences de la Mer École Doctorale: Sciences de l'environnement - ED 251</p>	<p>Masters: Management qualité et gestion des risques sociétaux, Développement durable et gouvernance territoriale de projets en Méditerranée et à l'international, Pathologie humaine, Géographie, aménagement, environnement et développement, Psychologie Sociale de la Santé Écoles doctorales: ED372-Sciences économiques et de gestion, ED355-Espaces Cultures Sociétés, ED67-Sciences juridiques et politiques</p>
Laboratoires de recherches	
<p>Laboratoires de l'OSU Institut Pythéas: CEREGE, Centre Européen des Géosciences de l'Environnement, AMU, CNRS, Collège de France, IRD, INRA IMBE, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale, AMU, CNRS, IRD, Univ. d'Avignon LPED, Laboratoire Population Environnement Développement, AMU, IRD MIO, Institut Méditerranéen d'Océanologie, AMU, CNRS, IRD, Univ. de Toulon RECOVER, Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience, IRSTEA, AMU BIAM, Institut de Biosciences et de Biotechnologies d'Aix-Marseille, AMU, CNRS, CEA CERGAM Centre d'Etudes et de Recherche en Gestion d'Aix-Marseille, AMU, CNRS DICE, Droit International Comparé et Européen, AMU, CNRS, Univ. de Toulon, Univ. de Pau et des pays de l'Adour ESPACE, Étude des Structures, des Processus d'Adaptation et des Changements de l'Espace, AMU, CNRS, Univ. Avignon, Univ. Nice Sophia Antipolis LCE, Laboratoire de Chimie de l'Environnement, AMU, CNRS MS2E, MultiScale Material Science for Energy and Environment, AMU-CNRS, MIT (USA). TELEMME, Temps, Espaces, Langages, Europe Méridionale – Méditerranée, AMU, CNRS LIEU, Laboratoire interdisciplinaire en urbanisme, AMU LAMES, Laboratoire méditerranéen de sociologie, AMU, CNRS Ainsi que le service FPC, Formation Professionnelle continue, AMU</p>	

Nominativement, 321 personnes ont souhaité participer à l'institut, représentant

- 1 CNAP, 6IE, 7 IR, 101 McF et 38 Pr d'AMU
- 2 CR et 3DR de l'INRA
- 2 IE, 9 IR, 4 CR et 5 DR de l'IRSTEA
- 3 IR du CEA
- 8 IE, 9 IR, 27 CR et 30 DR du CNRS
- 14 CR et 7 DR de l'IRD
- 5 Mcf, 1 Pr de l'Univ. Avignon
- 2 IE, 2 IR, 17 McF, 6 Pr de l'Univ. de Toulon



(Les 321 personnes ne représentent pas la totalité des personnels des unités.)

3 ITEM et la Recherche

ITEM concentrera ses efforts sur trois axes afin de faire émerger un nombre limité de projets de recherche intégrée (volontairement intersectorielle) et de grande ampleur. Ces trois axes représentent les thèmes pour lesquels AMU peut revendiquer une visibilité internationale. Les axes de recherches détaillés ci-après **sont issus d'une co-construction par l'ensemble des domaines de compétences** (sciences physiques, chimiques, naturelles, de la santé, humaines et sociales, juridiques).

Ils ont pour vocation de favoriser l'émergence d'une culture scientifique commune. Par conséquent ils doivent stimuler la recherche sur les changements de comportement indispensables à la mise en œuvre de la transition environnementale en contribuant aux ODD dédiés au climat, aux écosystèmes, à l'eau et à l'assainissement, aux modes de consommation, à la production durable, et enfin à la ville durable.

Au sein de chaque axe ITEM développera 3 sujets de différents degrés de maturité. Tout d'abord des sujets pour lesquels la majorité des partenaires possèdent déjà une grande visibilité internationale à titre individuel ou au sein de projets partenariaux. Ces axes sont décrits dans les paragraphes 3.1.1, 3.2.1 et 3.3.1. L'institut renforcera la coordination en favorisant les ponts disciplinaires, sectoriels, focalisés autour de chantiers ou sites communs (cf. ci-après), pour faire émerger à AMU un projet d'ampleur internationale unique.

L'institut renforcera également la position d'AMU autour de sujets pour lesquels quelques équipes occupent déjà une place reconnue sur le plan international, mais qui demandent un effort collectif plus important. Des exemples sont proposés dans les paragraphes 3.1.2, 3.2.2 et 3.3.2. Pour cela l'institut incitera un plus grand nombre de partenaires à collaborer et à renforcer le potentiel de recherche (priorités des appels à projets).

Enfin l'institut a identifié des sujets en rupture conceptuelle, pas ou peu développés et qu'il conviendra de mettre en place dans un schéma prospectif à long-terme (paragraphes 3.1.3, 3.2.3 et 3.3.3). Dans ce cas, le rôle de l'institut consistera à structurer et soutenir les forces d'AMU pour acquérir une visibilité internationale à moyen terme, grâce à des actions incitatives à travers des appels à projets et le soutien de projets « starters ».

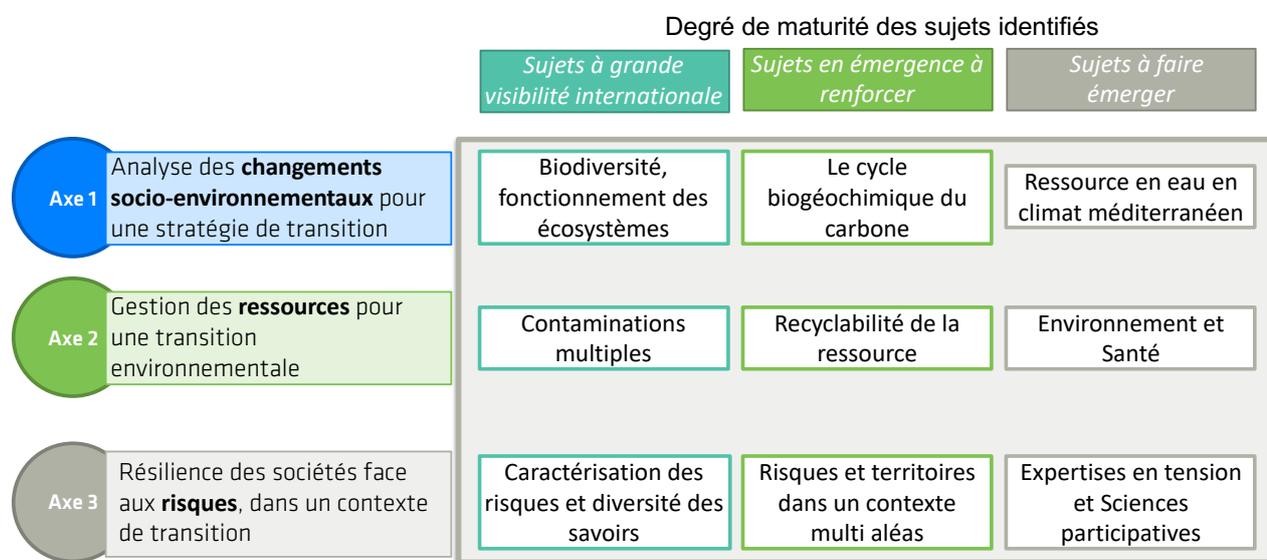


Figure 1: Les axes prioritaires identifiés en fonction de leur degré de maturité

3.1 Analyse des changements environnementaux pour une stratégie de transition

3.1.1 Biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et bénéfiques pour la société

Depuis des millénaires, les écosystèmes terrestres et marins sont à la base de la culture et du bien-être humain, en particulier dans le Bassin Méditerranéen et ce, malgré ou grâce à l'influence des fluctuations climatiques. Suite à l'accélération combinée du changement climatique et de l'utilisation des terres et de la mer, la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes sont largement impactés. Ainsi, la connaissance des processus de résilience et d'adaptation des communautés biologiques et des sociétés face aux variations de l'environnement devient primordiale. Une transition environnementale intègre, mais ne peut pas se limiter à la conservation de la diversité au niveau des espèces, des paysages et de la mer, elle consistera à la prise en considération de tout le potentiel des écosystèmes à fournir d'une façon durable, les services essentiels pour la société humaine de plus en plus urbanisée.

Les forces des équipes d'ITEM dans ce domaine sont basées sur des approches expérimentales, de terrain et de modélisation, mais également les études du passé qui nous donnent la profondeur temporelle nécessaire à l'étude des dynamiques pluri-décennales et au-delà. Des travaux récents des équipes membres d'ITEM ont montré que les projections climatiques pour la fin du 21^e siècle risquaient fort d'avoir un impact sur les écosystèmes méditerranéens bien au-delà de la variabilité naturelle de l'Holocène. Dans les écosystèmes forestiers, on a démontré le rôle clé de la diversité microbienne du sol pour la fonction de l'écosystème. Des études en cours examinent comment la demande croissante de produits forestiers (bois, énergie, biomolécules, loisirs) peut être satisfaite malgré le changement climatique et des régimes de perturbation tels que les incendies de forêt et les épidémies d'insectes et de maladies. De la même manière dans les écosystèmes marins, des travaux des partenaires d'ITEM ont mis en avant

le rôle prépondérant des microorganismes dans le contrôle de l'eutrophisation lors de phénomènes d'hypoxie de plus en plus fréquents. Une des originalités de ces travaux est de considérer dans une approche couplant benthos et pélagos les compartiments fonctionnels, les espèces et les interactions entre compartiments. La disparition de certaines espèces ingénieurs d'écosystème à l'échelle de la Méditerranée nord occidentale a provoqué une cascade de conséquences y compris le développement d'espèces invasives, dont les sociétés commencent à prendre conscience. Les capacités d'adaptation au changement climatique sont étudiées aux échelles écologiques et évolutives, pour les écosystèmes terrestres et marins. Les agroécosystèmes ainsi que l'écosystème marin dans l'ensemble du bassin sont également étudiés pour leurs fonctions, leur diversité et la prestation de services, en faisant appel à la modélisation.

ITEM envisagera des nouvelles pistes pour ses approches écosystémiques. Les approches d'« omique environnementale » qui permettent d'étudier la dynamique de la biodiversité à l'échelle des gènes, des populations et des communautés seront généralisées. Plus encore que l'étude descriptive de la biodiversité, les projets viseront à étudier la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes et des interactions entre les organismes afin de comprendre leur fonctionnement et les conséquences des modifications (résilience, capacités adaptatives, processus évolutifs et écosystémiques) de tout système biologique complexe. Ces études impliquent l'intégration d'échelles de temps longues, multi-générationnelles, qui peuvent être également abordées par les approches paléoenvironnementales en lien avec l'institut Arkaia. Le renforcement des études portant sur la diversité taxonomique et le développement de l'écologie fonctionnelle et évolutive apparaissent comme un défi pour une connaissance intégrée des écosystèmes et des services rendus qu'ITEM relèvera. Un résultat attendu concerne la meilleure définition et gestion des zones terrestres et marines protégées, à partir de l'étude des modalités actuelles de gestion de ces espaces, en mobilisant les sciences sociales. ITEM abordera aussi le lien entre les modifications des politiques d'aménagement et la biodiversité, en intégrant les innovations actuelles concernant la thématique de la ville verte par exemple.

Des experts de différentes disciplines ((paléo-)océanographes, (paléo-)écologues marins et terrestres, paléoclimatologues, agronomes, économistes, (géo-)chimistes, sociologues, géographes, historiens, urbanistes...) élaboreront un cadre commun pour construire un modèle d'évaluation intégrée prenant en compte les interactions complexes entre l'écosystème terrestre/marin selon diverses échelles de temps, tenant compte des forçages anthropiques croissants. En utilisant des scénarios socio-économiques et climatiques, la dynamique couplée des écosystèmes méditerranéens terrestres et marins sera explorée en lien avec l'Institut des Sociétés en mutation. L'objectif est d'identifier les conditions qui répondent aux besoins sociétaux futurs, en considérant les choix à opérer par rapport aux arbitrages qui affectent le développement durable.

3.1.2 Le cycle biogéochimique du carbone comme témoin des changements climatiques et environnementaux

Le cycle du carbone reste au cœur de la problématique du changement climatique, car une large part des incertitudes des prédictions de réchauffement repose sur la compréhension précise des mécanismes d'échanges entre l'atmosphère et les grands réservoirs de l'océan, de la végétation et des sols, aux échelles locales, régionales et continentales. En raison de leur forte urbanisation et de leur vulnérabilité environnementale, les régions littorales Méditerranéennes sont des sites privilégiés pour ces études. ITEM centralisera et coordonnera ces efforts permettant à A*Midex d'être une référence sur cette thématique de grande visibilité internationale.

De nombreux outils et moyens d'observation sont déjà en place. Ainsi pour l'atmosphère, des observatoires nationaux (INSU) et régionaux peuvent caractériser tout ou partie, les émissions de Gaz à Effet de Serre (*GES* : CO_2 , CH_4 , CO), d'aérosols, déterminer des bilans radiatifs aussi bien en milieu rural (*l'Observatoire de Haute Provence (OHP) avec la tour ICOS et les stations NDACC-Fr et PHOTONS-AERONET*), en zones urbaine (*site des « Cinq Avenues »*) et littorale (*la Station Marine d'Endoume*). ITEM dispose aussi de systèmes d'observations instrumentés des écosystèmes terrestres (*l'observatoire du Chêne Pubescent (O3HP) à l'OHP, la station ICOS-Ecosystèmes de Font-Blanche et l'observatoire de la garrigue CLIMED (Massif de l'Etoile)*) et marins (*les stations des réseaux SOMLIT, MOOSE et EMSO-Fr*). Il faut ajouter le lien d'ITEM avec l'association régionale de surveillance de la qualité de l'air AtmoSud (ex- Air PACA) qui délivre un inventaire d'émissions des espèces carbonées à haute résolution pour la région Sud. Même si les équipes ont investi ces dispositifs, les actions menées le sont de manière largement indépendante par les UMR.

Plus encore qu'un effort de coordination, ITEM a pour objectif d'accroître le potentiel d'observation. En effet, le cycle du carbone et de ses composés sera étudié en région Sud et Méditerranée côtière à des échelles allant de l'étude des processus à celle des bilans régionaux avec des pas de temps adaptés aux milieux observés. Un réseau d'observation atmosphérique plus dense incorporant des zones sources clés (Fos-sur-Mer/Berre...) ainsi qu'un modèle atmosphérique à haute résolution spatio-temporelle et un programme de mesures isotopiques seront développés pour distinguer les contributions fossiles et modernes des émissions de carbone. La composante biosphérique sera analysée par le satellite FLEX (projet international financé par l'ESA), par des modèles biogéochimiques de stockage de carbone (ORCHIDEE, LPJ-mL), et par des mesures de flux aux observatoires listés plus haut. L'évolution du stock de carbone dans les sols sera suivie in situ à l'O3HP et les temps de résidence des différentes fractions du carbone organique déterminés par des mesures isotopiques et des observations nano-échelle grâce aux instruments des Equipex Aster-CEREGE et Nano-ID. La modélisation écologique sera réalisée en lien avec les réseaux nationaux de l'INRA dans le cadre du programme international « 4 pour mille : les sols pour la sécurité alimentaire et le climat » initié à la COP21 en 2015. On étudiera la contribution dans le cycle du carbone des

transports automobiles (par exemple) et les pratiques de mobilité des sociétés ou celle des îlots de chaleur urbains par confrontation des modèles aux données.

Le principal enjeu des années à venir consistera donc à intégrer les scénarios d'émissions, de puits de carbone en intégrant l'évolution des pratiques agricoles, industrielles et urbaines (en lien avec l'Institut des Sociétés en mutation) permettant de cibler la neutralité carbone à l'échelle régionale et ainsi contribuer aux objectifs de la transition environnementale. Grâce à cette dynamique ITEM souhaite devenir un acteur régional d'importance, répondre aux attentes sociétales et aider les décideurs politiques à prendre des mesures efficaces en termes de réduction des émissions de carbone (GES, composés organiques volatils et aérosols).

3.1.3 Ressource en eau en climat méditerranéen et zones arides

La gestion durable de l'eau est une priorité scientifique et sociétale des régions arides méditerranéennes et en Afrique, considérée comme cruciale dans le contexte des ODD et d'une transition environnementale. Les eaux de surface sont particulièrement vulnérables et réagissent rapidement aux changements climatiques. En revanche, les eaux souterraines, qui constituent souvent un réservoir d'eau douce de haute qualité, résistent mieux aux variations hydrologiques extrêmes. En Afrique, l'utilisation de l'aquifère profond comme eau potable pour 3/4 de la population et pour le tourisme entraîne une baisse du niveau des eaux souterraines et les conséquences à long-terme restent méconnues. Dans le sud de l'Europe, la fonte des glaciers alpins est une des sources les plus importantes pour l'alimentation des cours d'eau, mais leur existence est menacée par le fort retrait glaciaire actuel.

L'institut possède des atouts pour aborder ces questions cruciales pour les populations et des travaux sur les systèmes lacustres du Moyen Atlas marocain et du Bassin du Tchad sont en cours. Ces travaux s'appuient sur de nouveaux observatoires environnementaux et permettent des études intégrées combinant la modélisation hydro-isotopique du bilan massique, la modélisation hydrologique et la réduction d'échelle des résultats climatiques globaux. Ils visent à mieux décrire le fonctionnement moderne des lacs et à donner des repères de validation pour la modélisation hydrologique. La force de nos travaux repose sur l'utilisation d'outils de traçages isotopiques, géochimiques et cosmogéniques (^{36}Cl ou ^{14}C) et des approches géophysiques. Les travaux sur la sensibilité des glaciers alpins à la variabilité climatique s'appuient sur l'étude de la dynamique glaciaire au cours des derniers millénaires à l'aide de la datation par les nucléides cosmogéniques (^{10}Be , ^{14}C ou ^{36}Cl).

Afin de créer une dynamique de plus grande ampleur et de faire émerger un sujet interdisciplinaire, ITEM mettra en place des outils incitatifs de collaboration afin de prendre en compte des échelles de temps plus longues (dernier millénaire) en utilisant plusieurs installations analytiques (sédimentologie/écologie/géochimie isotopique). La première priorité sera de contraindre la variabilité hydro-climatique de l'échelle décennale à millénaire, de déterminer les processus hydrologiques et de développer des modèles quantitatifs de systèmes de surface et d'eau souterraine documentant la sensibilité de ces ressources aux changements démographiques et climatiques. Ces modèles physiques devront surtout être associés à un modèle économique dynamique de gestion optimale des ressources en eau en lien avec l'institut des Sociétés en mutation, l'objectif final étant de déterminer le niveau optimal de leur exploitation durable. Ce projet impliquera des partenaires internationaux (Univ. Cadi Ayyad, UM6P (Maroc), Univ. de Ndjamena (Tchad), École Nationale d'Ingénieurs de Sfax et UFTAM (Tunisie), Observatoire Sahara et Sahel).

3.2 Gestion des ressources pour une transition environnementale

3.2.1 Contaminations multiples

Les activités humaines représentent d'importantes sources de pollutions chroniques ou accidentelles dans les écosystèmes du Bassin Méditerranéen. Le résultat est l'émission d'une multitude de substances dont des éléments traces métalliques/métalloïdes, des métaux critiques, des nanoparticules manufacturées, associés à des polluants organiques persistants, des résidus pharmaceutiques, des micro- et nanoplastiques, des aérosols. De plus, l'évolution des technologies peut avoir comme conséquence un accroissement des émissions ou des concentrations dans l'Environnement de certains polluants peu ou pas émis jusqu'à présent (*i.e.* Co, Mn, Sb, Saisine ANSES 2018). Tous ces rejets d'effluents et ces pollutions conduisent, par ailleurs, à introduire, favoriser ou sélectionner des organismes pathogènes ou toxiques. Pour tous ces polluants pris individuellement, la littérature est abondante et notre consortium est internationalement reconnu pour, i) ses études sur la dynamique des contaminants dans toutes les matrices des écosystèmes, ii) les transferts dans les réseaux trophiques et iii) la compréhension des mécanismes de toxicité. La visibilité d'ITEM repose largement sur le parc analytique remarquable détaillé dans le paragraphe 5 (Equipex Aster, Nano-ID, Plateforme MASSALYA et Précym ...) et les méthodologies développées. Les forces du consortium concernent en particulier l'approche moléculaire des questions de contamination en utilisant des plateformes d'« omiques », des outils de caractérisation multi-échelle de la spéciation des contaminants et de leur traçage par de nombreux développements en isotopie.

Pourtant, des études récentes montrent que lorsque tous ces polluants sont présents sous forme de mélanges (de cocktails), des effets synergiques ou antagonistes apparaissent. Cela modifie les mécanismes bio-physico-chimiques d'interactions vivant-polluants, affecte les relations doses-reposes établies, etc. La mise en commun des compétences disciplinaires reconnues des membres d'ITEM travaillant sur les différents compartiments de l'environnement et les différents stades d'évolution des contaminants représentera une plus-value indéniable pour l'étude des effets et de l'exposition à ces contaminations multiples afin de prévenir ou atténuer les effets cocktails.

L'un des grands défis d'ITEM consistera à développer des approches interdisciplinaires, intégrant les différents compartiments de l'environnement en travaillant dans des conditions réalistes d'un point de vue environnemental sur des cocktails pertinents, à savoir une pollution chronique à faible dose, diffuse, et sur du long terme. Une

meilleure connaissance de l'impact environnemental de ces cocktails grâce à des sites ateliers méditerranéens permettra de répondre à ce défi. À ce titre, la zone de Fos/Berre, qui concentre plus de 20 sites Seveso, le golfe de Gabès et la problématique des boues rouges sont autant d'objets d'étude remarquables. ITEM se concentrera sur les interactions entre les polluants émergents organiques, inorganiques, dissous, nanoparticulaires, colloïdaux et aérosolisés sur ces sites.

L'équilibre entre atténuation naturelle (i.e. biodégradation, hétéro-agrégation, filtration ...) et risque à faible dose sera évalué à la fois selon une approche mécanistique et holistique, intégrant les différents compartiments des écosystèmes étudiés. D'autre part, les recherches menées auront l'originalité d'inclure l'étude des résiliences à l'échelle humaine (« modes de vie avec les pollutions ») et à celle des écosystèmes (en lien avec l'institut des Sociétés en mutation). La synergie des études sur les modes de dispersion des contaminants, les voies d'exposition humaines et des écosystèmes et les modalités des réponses du vivant (humains inclus) offrira une approche intégrative novatrice dont les résultats pourront être réinvestis dans des outils d'aide à la décision.

3.2.2 Recyclabilité de la ressource en eau, sol et matière minérale.

L'économie actuelle dite linéaire, associée à la consommation de masse et à la croissance démographique exponentielle, entraîne une dynamique qui exerce une forte pression sur nos ressources et territoires dans le Bassin Méditerranéen. Le succès de toute approche d'« économie circulaire » exige la prise en compte des aspects technologiques, politiques, économiques et sociétaux. Grâce au réseau intersectoriel structuré autour d'ITEM et des collaborations avec d'autres instituts, nous proposons de développer une méthodologie interdisciplinaire afin de trouver des solutions globales préservant les ressources et satisfaisant aux besoins et usages. L'institut focalisera ses efforts sur le recyclage des métaux stratégiques provenant des déchets urbains et industriels produits à l'échelle régionale et le recyclage de l'eau.

Dans le cas des métaux stratégiques, le recyclage semble être le moyen le plus approprié pour faire face au risque de rupture d'approvisionnement et à la nécessité de réduire l'exploitation des ressources minières dévastatrices pour l'environnement dans un contexte de développement durable. Du fait des compétences reconnues sur la biotransformation et biodistribution des métaux par les microorganismes nous proposons dans ITEM d'étudier la recyclabilité des métaux stratégiques dans des déchets via des procédés de bio-extraction à faibles impacts environnementaux (plantes hyper-accumulatrices, piles microbiennes). Ces procédés s'appuieront sur une étude fine de la spéciation des métaux critiques et des communautés microbiennes. Pour pouvoir être intégré dans un schéma d'économie circulaire, ce projet portera aussi sur les aspects économique (viabilité des procédés), juridique (statut des métaux produits) et sociétal (acceptation et appropriation des technologies).

En lien avec la problématique majeure de raréfaction de l'eau, l'institut développera des procédés de traitement adaptés aux nouveaux cycles d'usage, en incluant des schémas de « Water Reuse » en adaptant le traitement pour les polluants émergents. Ces travaux seront menés en collaboration avec des industriels implantés dans la région, des économistes et sociologues pour la mise en place de solutions globales de réutilisation des eaux sur des sites de démonstration.

3.2.3 Environnement et santé

Dès juin 1999, l'Organisation Mondiale de la Santé déclarait que « L'environnement est la clé d'une meilleure santé », incluant dans ce terme des paramètres liés à la qualité des milieux et à l'ensemble des activités humaines. Le lien entre l'environnement et la santé était ainsi reconnu par une instance mondiale.

La volonté d'ITEM de renforcer les compétences autour des questions des contaminations multiples décrites précédemment contribuera à moyen terme à répondre à la question générale de l'effet de notre environnement sur la santé humaine. Les impacts des expositions chroniques à de faibles doses de polluants demeurent un problème non résolu compte tenu de la méconnaissance des possibilités d'interaction (synergie, opposition, additivité) des agents particuliers, chimiques et physiques (rayonnement UV) en mélanges. Des travaux adressent cette problématique pour des expositions multiples spécifiques (pesticides et dioxines) ou pour des contaminants associés à des particules (constituants de particules atmosphériques). Il est temps aujourd'hui d'étendre ces approches à l'exposome général des individus afin de nous inscrire et de conduire la transition environnementale en cours. ITEM devra évidemment travailler en synergie avec d'autres instituts, mais les compétences d'ITEM permettront de contribuer à mieux appréhender le niveau d'exposition des populations et les modes d'action des mélanges de polluants constituant des cocktails, notamment lorsqu'ils induisent des effets différés souvent associés à des mécanismes d'actions épigénotoxiques. Cet apport devrait améliorer l'identification des environnements participant à l'incidence de multiples maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, cancers, asthme, troubles de la reproduction, troubles du comportement...).

L'institut se propose d'associer ces travaux à une meilleure connaissance des conditions de vie et de travail des habitants, et les besoins relatifs à la santé de chacun. Il faudra impérativement apprécier la perception des risques environnementaux par les populations. Cette connaissance globale permettra en lien avec les autorités sanitaires et les associations citoyennes, de mieux contribuer à comprendre et agir sur les causes environnementales.

3.3 Résilience des sociétés face aux risques, dans un contexte de transition

Le Bassin Méditerranéen est un « laboratoire » unique pour l'étude d'une grande variété de risques naturels. La grande diversité de conditions sociales – culturelle et économique – et environnementales – géologie, sols et climat – invitent à une analyse de sa complexité, capable d'intégrer une lecture contextualisée des changements globaux. Ce thème a muri au sein d'OT-Med grâce à la volonté des chercheurs de développer des recherches

multidisciplinaires. Les laboratoires ESPACE, CEREGE, RECOVER, LPED, associés à INRA/URFM portent cette thématique de manière visible au niveau national et international, particulièrement sur les thématiques du risque sismique, des glissements de terrain, du risque d'inondation et des incendies, de la vulnérabilité des territoires et de la perception du risque.

Les risques pour les sociétés méditerranéennes évoluent à la fois en fonction des connaissances scientifiques mais aussi en fonction des adaptations institutionnelles ou sociales qui en découlent (par exemple : nouveaux dispositifs de gestion du risque). L'aspect physique (l'aléa et ses conséquences) doit être abordé de façon cohérente avec la construction sociale du risque. Dans cette perspective, le potentiel des savoirs scientifiques sur les risques à faire évoluer nos sociétés vers des sociétés plus résilientes dépend de sa capacité à échanger avec d'autres sources de savoir – institutionnel et traditionnel.

Dans ce contexte, le but de cet axe est de développer un nouveau paradigme en contribuant à une « vision située » des aléas naturels en Méditerranée. Une telle approche sera possible avec de la recherche scientifique développée en co-construction avec les communautés locales afin de renforcer la résilience des territoires. Une analyse multi-risques des aléas naturels sera développée dans différents contextes culturels, économiques et démographiques avec une approche participative pour l'accès au savoir du citoyen et de son implication dans le processus de construction de la connaissance scientifique.

3.3.1 Caractérisation des risques et diversité des savoirs

Longtemps la communication scientifique a été pensée comme un transfert de connaissances à destination de communautés exposées qu'il convenait d'« éduquer ». Cette approche impliquait une légitimité évidente voire une supériorité du savoir scientifique associée à une méconnaissance des savoirs profanes. Les limites d'une telle approche résident dans le fait que la pertinence des savoirs experts ne peut être absolue, mais doit être réfléchie et contextualisée en concertation avec les populations locales de façon à renforcer leur propre résilience face aux risques. Depuis quelques années, les équipes d'ITEM développent des approches permettant aux différentes catégories d'acteurs impliqués dans la gestion des risques (scientifiques, citoyens, décideurs) de mieux dialoguer et d'élargir la compréhension des enjeux et des risques associés. Les modèles de physique statistique ont été développés afin de mieux appréhender le rôle de la structure des villes sur la formation d'ilots de chaleur et anticiper les risques liés à des épisodes de canicules. L'ambition d'ITEM est de poursuivre dans cette voie, en particulier sur deux objectifs :

1) *Mieux caractériser la genèse des aléas et les processus associés* : compréhension des origines et des dynamiques spatio-temporelles des aléas naturels (poursuite de travaux initiés par d'OT-Med : RISKMED, PYROMED, entre autres, ICOMe2 (modèles physiques en zone urbaine)). Ces études concerneront plus particulièrement les extrêmes hydroclimatiques et leurs conséquences sur les milieux, des inondations en zones urbaines, l'érosion des reliefs et les instabilités gravitaires, les facteurs de déclenchement des séismes et les phénomènes de saccades sismique et de séismes en cascade, et les incendies et leur évolution dans le cadre du changement global. Au cours des dix dernières années, nous avons développé des approches basées sur la maîtrise d'outils géochimiques afin de contraindre la chronologie des processus superficiels tels que séismes, instabilités gravitaires, fonte des glaciers, phénomènes qui sont les sources des catastrophes naturelles majeures que subit la Méditerranée depuis plusieurs millénaires. Ces approches permettent d'accéder à l'histoire de ces processus à des résolutions très rarement atteintes jusqu'à présent (quelques centaines d'années pour l'âge des séismes et quelques dizaines de cm pour la taille du glissement) et de mettre en évidence des processus transitoires et non stationnaires (e.g. saccades sismiques et long temps de quiescence, évènements extrêmes). L'aléa feu de forêt a été mieux caractérisé à partir des observations et ses variations ont été reliées à la fois aux changements du climat et aux changements d'occupation et d'usage des sols (en particulier sur les interfaces habitats-forêts), avec une meilleure caractérisation des causes de départ de feux. Les risques liés aux aléas hydroclimatiques (précipitations intenses et sécheresses) seront évalués à différentes échelles, en particulier à l'échelle des bassins versants, des ouvrages de protections et des habitats. Un des objectifs fondamentaux d'ITEM sera donc de poursuivre le développement d'approches basées sur l'observation et la quantification des processus superficiels et des aléas passés et ce à partir de techniques de pointe, ainsi que l'utilisation de scénarios, afin de mieux caractériser le risque futur. Enfin grâce aux développements récents issus de la physique statistique, ITEM abordera la modélisation des flux en zone urbaine (chaleur, eau, ...) afin de mieux prédire les risques d'inondation par exemple.

2) *Améliorer notre compréhension des dynamiques locales autour de la connaissance scientifique des risques*. La capacité des communautés et des territoires de s'adapter face aux enjeux scientifiquement identifiés invite à une analyse des représentations sociales, i.e. des logiques mises en place pour justifier, collectivement, le (manque de) changement des comportements. Dans ce sens nous avons développé ces dernières années une réflexion de fond sur la place des connaissances expertes dans la construction sociale des risques. Nous avons également avancé des cadres d'analyse des changements sociétaux en réponse à des changements législatifs, des dispositifs particulièrement intéressants dans une lecture de changement et adaptation écologique.

3.3.2 Risques et territoires dans un contexte multi aléas.

A partir des acquis des travaux sur la caractérisation des risques, ITEM poursuivra ses travaux sur les risques, en abordant la gestion des territoires soumis à plusieurs aléas. La question de hiérarchisation des risques, des enjeux sera posée. L'approche interdisciplinaire associant des scientifiques à des historiens, des sociologues, des anthropologues, des urbanistes, des psychologues et des géographes sera essentielle pour intégrer la dimension sociale du risque et son évolution. L'objectif sera de :

1) Caractériser l'interaction et les rétroactions possibles entre les différents aléas. Nous chercherons à développer des approches multi-échelles et des observations sur des séries longues, une question cruciale concerne également le développement d'approches pour étudier la non stationnarité du système étudié et l'impact d'évènements de types extrêmes sur les paysages et sur les pratiques et usages des territoires.

2) Développer des outils permettant d'intégrer la dynamique spatio-temporelle du risque en particulier par les méthodes participatives, déjà en place dans différentes unités de recherche mais de façon non-systématique. Ces travaux permettront de renforcer l'égalité (ODD 10) à partir des trois volets des sciences participatives : sciences citoyennes, « community based research » et les recherches participatives. Ce rapprochement et rétroaction entre chercheurs et citoyens pourrait prendre la forme d'ateliers, de témoignages, de simulations (réalité virtuelle), de participation à la collecte des données (échantillonnage, vigilance et observation du territoire).

3.3.3 Expertises en tension et sciences participatives

Le thème de l'expertise, la gestion des situations de crise et de leur questionnement dans le temps long sont au cœur de la démarche intersectorielle engagée par l'Institut dans le champ environnemental. Dans le contexte particulier d'évolution des attentes de la société vis-à-vis de la science, mais aussi de l'évolution des pratiques et des outils scientifiques, la production d'expertise prend place dans une société qui craint les évolutions non maîtrisées de l'utilisation des connaissances scientifiques. A contrario, la société attend de la science des connaissances prospectives, comme c'est le cas par exemple avec l'évolution du climat.

C'est dans ce contexte de compétition et de contradiction entre des expertises savantes et professionnalisées que des savoirs profanes se trouvent promus au rang de repères et que le terme de sciences participatives surgit. Ces dernières permettent d'apporter des éléments que les sciences "classiques" ont du mal à obtenir, d'intégrer l'expérience de milieu dans la mesure et de produire des effets d'entraînement des observateurs dans l'action publique environnementale.

ITEM se propose d'impliquer des observateurs dans l'action publique environnementale notamment grâce au déploiement de réseaux de mesures fiables et peu onéreuses des paramètres biologiques, chimiques et physiques de l'environnement. Ce déploiement s'appuiera, par exemple, sur l'utilisation de smartphones et d'applications dédiés, et des développements technologiques allant de la miniaturisation de capteurs à leur intégration dans des hubs de logging open source avec la possibilité de transmettre sans fil de petites quantités de données. Des exemples de réseaux fonctionnant sur ce principe (e.g. réseau de relevé lichenique pour l'évaluation de la qualité de l'air et de son impact sur la biodiversité, réseau de mesure de la salinité du golf de Fos...) ont été développés par des membres d'ITEM en partenariat avec l'Institut Ecocitoyen pour la connaissance des pollutions et le Ministère de la transition écologique et solidaire (<https://www.institut-ecocitoyen.fr/voce.php>).

Le développement de ces réseaux d'observateurs volontaires induira une action de formation de la part d'ITEM afin que les citoyens observateurs acquièrent les connaissances nécessaires à la réalisation des mesures de terrain. Enfin, les résultats des observations et leur suivi sur le long terme participera à l'identification des problématiques environnementales émergentes dont ITEM pourra se saisir pour le développement de ces futurs travaux.

3.4 Zones, sites et objets d'étude

ITEM proposera de faire converger les projets autour d'un nombre restreint de zones géographiques régionales prioritaires permettant de répondre à des questionnements scientifiques, des attentes sociales et d'aborder les questions des 3 axes et ainsi de faciliter l'interdisciplinarité. La liste suivante, non exhaustive illustre les premières réflexions. L'utilisation de site doit être perçue comme une méthode permettant de **mettre en œuvre l'interdisciplinarité** entre les membres du consortium en évitant la dispersion des forces par la simple juxtaposition des approches. En revanche elle ne doit pas représenter une méthode de cloisonnement. ITEM favorisera les travaux capables de réaliser des mises en perspective et l'extrapolation des résultats.

Aire Métropolitaine Aix-Marseille

En raison de ses caractéristiques, l'aire métropolitaine marseillaise (nommément la métropole d'Aix-Marseille) sera un site d'intérêt majeur pour ITEM et la transition environnementale. Elle regroupe : i) un important bassin de population (environ 1 900 000 habitants) regroupés dans plusieurs centres urbains dominés par Marseille ; ii) des zones industrielles majeures avec notamment un port commercial et touristique majeur et la zone industrielle de Fos-sur-Mer et de l'Etang de Berre avec plusieurs terminaux pétroliers, minéraliers et conteneurs, des industries lourdes, un aéroport et des incinérateurs des déchets industriels et ménagés. Cette zone industrialo-portuaire (ZIP) regroupe une vingtaine de sites classés Seveso et représente un bassin de 40 000 emplois ; iii) entre les zones urbanisées et industrialisées, se trouvent des zones agricoles et naturelles qui sont soumises à de nombreuses perturbations anthropiques (panaches atmosphériques urbains et industriels, ruissellement d'eaux polluées, sols anthropisés...) dont les conséquences restent à étudier ; iv) enfin, les différents pôles de l'aire métropolitaine sont reliés entre eux par des axes de communication ferrés mais surtout routiers qui conditionnent la mobilité et l'aménagement du territoire.

Les pôles urbains et industriels ainsi que les axes de communication sont des sources importantes d'effluents (gazeux, liquides et particuliers) qui se mélangent et interagissent entre eux pour impacter la qualité environnementale (air, eau, sol, mer). Une forte variabilité spatiale et temporaire est attendue sur la nature, l'importance et les conséquences de cette contamination pour la santé des habitants et des écosystèmes (naturels ou anthropisés). Cette variabilité qu'il convient de comprendre et de quantifier, est induite par l'hétérogénéité des niveaux d'anthropisation et les vitesses d'évolution (physiques, chimiques et biologiques) des effluents soumis à un

fort ensoleillement et de fortes chaleurs en période estivale. Par ailleurs, ces pôles anthropisés et les axes de communication qui les relient sont des sources importantes de gaz à effet de serre et d'échange de chaleur avec l'atmosphère. Ils sont propices à la formation d'îlots de chaleur urbains qui renforce les épisodes de canicule.

L'aire Métropolitaine Aix-Marseille concentre donc la majorité des questions auxquelles ITEM souhaite répondre. Quelle est la contribution réelle de cette zone sur les émissions du carbone et de chaleur et comment les réduire? La biodiversité est-elle maintenue malgré la pression anthropique? Quel est le niveau d'exposition des populations aux polluants en fonction de leurs habitudes de vie et quels aménagements permettrait de le réduire? Quelle est la vulnérabilité de cette zone face aux aléas naturels? Quelle est la résilience des écosystèmes et comment s'en inspirer pour faire évoluer les habitudes de vies, les pratiques urbaines et industrielles? Comment faire évoluer les politiques d'aménagement face à ces défis : gestion de la consommation d'espace (politiques de densification urbaine, réorganisation de la ville autour de TCSP, etc.), prise en compte des trames vertes et bleues et des espaces agricoles en tant que composante des politiques d'aménagement, mise en œuvre de la transition écologique à toutes les échelles territoriales

Golfe de Gabès

Cette zone subit d'importantes pressions anthropiques liées en particulier à l'industrie des engrais qui génère des quantités importantes de phospho-gypse. Si l'industrialisation diffère de la zone Berre-Fos, les problématiques de pollution et de gestion des déchets sont communes et représentent un défi majeur. La gestion actuelle des déchets (stockés à terre ou rejetés en mer) menace les écosystèmes et les activités humaines. Ce golfe qui abrite l'une des pêcheries les plus importantes de Tunisie ainsi que d'importantes zones touristiques, est fortement impacté par des rejets industriels de l'un des plus importants complexes industriels chimiques tunisien. Ce site permettrait de faire une comparaison avec le site de Berre-Fos pour identifier à la fois les mécanismes génériques mais aussi les spécificités.

Les « boues rouges »

La question des boues rouges, déchet de la production d'alumine, se pose depuis plusieurs décennies. Le continuum terre/mer allant du site de Gardanne au canyon de Cassidaigne (baie de Cassis dans le Parc National des Calanques) a été impacté entre 1963 et 2016 par les rejets. Les évolutions récentes des filières de traitement permettent de réduire drastiquement les taux de rejet en mer, mais le stockage à terre crée l'inquiétude chez les riverains. ITEM utilisera cette question comme chantier prioritaire afin de développer certains des axes de recherche en lien avec l'OHM « Bassin Minier de Provence » (Labex DRIHM).

La forêt méditerranéenne

La forêt méditerranéenne présente des enjeux essentiels dans le cadre des transitions en termes de biodiversité, climat, occupation du sol, problématiques péri-urbaines et les risques. Elle est déjà largement étudiée par IMBE, RECOVER, CEREGE, LPED, INRA/URFM avec une visibilité nationale et internationale. Elle sera analysée comme une ressource, mais aussi comme un écosystème menacé par le risque d'incendie, l'urbanisation, les contaminations, le changement global. Elle est présente dans les 3 axes de recherche, et les actions d'ITEM permettront de valoriser l'investissement mené, en particulier au niveau des sites d'observations labellisés (Fontblanche, O3HP) au niveau national et intégrés dans des réseaux internationaux (FluxNet, ICOS), tout en permettant de consolider un rôle leader de l'institut au niveau des pays de la méditerranée sur une approche plus intégrée de cette forêt.

4 ITEM et la Formation

L'accent croissant mis sur les questions environnementales conduit à une expansion considérable des emplois liés à l'environnement, comme le montre une enquête récente de la Dares⁶. Ce mouvement va s'amplifier dans les années qui viennent dans le cadre de la transition environnementale. Les profils affichant plusieurs compétences sont les plus recherchés et pourtant assez rarement offerts par nos formations. Plus encore que dans d'autres secteurs, répondre à cette demande en dynamique, appelle les équipes éducatives à saisir l'opportunité de renforcer les liens avec les acteurs socio-économiques, mieux partager les avancées de la recherche et offrir aux étudiants une meilleure visibilité sur les carrières de demain. L'institut ITEM représente clairement cette opportunité.

L'institut reposera sur 4 écoles doctorales (Sciences de l'Environnement ED 251, Sciences économiques et de gestion ED372, Espaces Cultures Sociétés ED355, Sciences juridiques et politiques ED67) et 7 composantes : OSU PYTHEAS, Faculté Arts Lettres, Langues et Sciences humaines (ALLSH), Faculté de Médecine, IMPGT, MMSH, Faculté de Droit et de sciences Politiques, Faculté des sciences.

En particulier les quatre masters de l'OSU Institut Pythéas (520 étudiants dont 80 en formation à distance) et l'école doctorale des Sciences de l'Environnement (EDSE, 185 doctorants) enseignent les concepts et techniques les plus récents, nécessaires pour développer une approche scientifique évaluant le fonctionnement des systèmes environnementaux continentaux, littoraux ou marins, leur protection et réhabilitation dans le contexte du changement global, le développement sociétal et l'épuisement des ressources. Depuis 2004, les Masters de Pythéas ont formé 2600 étudiants avec un placement moyen de 76%. Deux tiers des titulaires d'un doctorat (68%) ont trouvé un emploi dans leur domaine dans les 6 mois. Pour les étudiants associés aux activités de recherche des Labex, le taux de placement atteint 87 et 92% respectivement pour les doctorants et les post-doctorants.

ITEM permettra de faire collaborer aussi bien les équipes pédagogiques que les étudiants de master et de doctorat de l'ensemble des formations proposées par AMU qui s'intéressent à titre principal ou secondaire à

⁶ Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Ministère du travail)

l'environnement. Il s'agira de stimuler l'interdisciplinarité et l'intersectorialité en Sciences de l'environnement, en développant des interactions entre composantes. L'institut s'appuiera donc sur les masters « *Management qualité et gestion des risques sociétaux* », « *Développement durable et gouvernance territoriale de projets en Méditerranée et à l'international* », « *Pathologie humaine, Parcours Santé et Environnement* », « *Géographie, aménagement, environnement et développement* », « *Droit de l'environnement* », « *Psychologie Sociale de la Santé* ». Il impliquera les écoles doctorales ED372 « *Sciences économiques et de gestion* », ED355 « *Espaces Cultures Sociétés* » et ED67 « *Sciences juridiques et politiques* ».

L'institut permettra de renforcer l'implication des chercheurs du CNRS, du CEA, de l'IRD, de l'INRA et de l'IRSTEA dans les formations en environnement. En plus de la stratégie générale d'incitation A*Midex, l'institut encouragera les porteurs de projets de recherche à s'impliquer dans les différentes actions de formation dès le niveau master.

S'inscrivant pleinement dans le projet d'établissement 2018-2022 d'AMU, le volet formation de l'institut reposera sur 3 piliers :

- Attirer les meilleurs talents
- Professionnaliser les formations
- Co-construire l'interdisciplinarité

La cohérence entre l'identification des 3 axes de recherche prioritaires (figure 1) et les offres de formations actuelles (maquette 2018) et futures s'est construite suite à des ateliers de travail durant la phase de rédaction du projet ITEM. Le tableau A1 (annexe) met en lumière ce travail de cohérence pour les formations actuelles et permet de souligner les besoins à couvrir lors de la refonte partielle de l'offre de formation AMU en environnement, en synergie avec l'institut Arkaia, et l'Institut des Sociétés en mutation.

Une codification des outils par pilier ([i.x]) renvoie à une liste exhaustive disponible (tableau A2) en annexe du présent document.

4.1 Pilier 1 : Attirer les meilleurs talents

Comme indiqué dans le projet d'établissement 2012-2022 d'AMU « *l'excellence scientifique est désormais indissociable de l'excellence de l'accueil, qui participe largement de l'attractivité d'une institution et de son rayonnement international* ». L'attraction des meilleurs talents dans les programmes de formation de l'institut reposera sur un ensemble cohérent d'outils et d'actions en droite ligne et complément avec les actions déjà engagées par AMU.

Contrats doctoraux ou postdoctoraux

ITEM financera le recrutement de doctorants pour 3 ans et de post-doctorants sur 1 an renouvelable une fois sur appel à projets annuel et conformément aux orientations scientifiques de l'institut. Les personnes recrutées seront incitées à participer activement aux initiatives de formation d'ITEM envers les étudiants de master. Un nombre significatif de bourses sera alloué aux étudiants français étudiants à l'étranger dans le cadre d'aides au retour [I.1].

Aides à la mobilité entrante et sortante

Il s'agira de mettre en place des dispositifs de soutien financier pour attirer les meilleurs étudiants nationaux et internationaux, leur permettre de développer un projet de stage dans un laboratoire labellisé localement ou à l'international et inciter les doctorants à concourir à un doctorat européen [I.2].

Aides au développement personnel

L'institut favorisera le développement personnel d'étudiants acteurs de leur formation et de leur orientation professionnelle par une offre qui corresponde à leurs objectifs, développe leur créativité et favorise leur mobilité. Les liens entre étudiants en master, doctorat et les post-doctorant(e)s seront opportunément renforcés notamment par un dispositif de mentoring [I.3].

Le bureau des carrières

L'institut fédérera la communauté d'étudiants, de diplômés juniors et seniors, d'intervenants extérieurs, d'experts au sein de ce qui pourrait être le bureau des carrières. Ce bureau portera une attention particulière aux étudiants internationaux et encouragera les carrières dans les pays du Sud. Véritable vitrine de l'institut, cet outil permettra d'en montrer les coulisses, de valoriser la réussite de ses diplômés, de mettre en lumière ses valeurs [I.4].

Junior-entreprise de la transition environnementale en Méditerranée (Junior-TEM)

L'objectif est de créer une junior-entreprise qui serait promue par l'institut fonctionnant sur le modèle d'un cabinet de conseil ou d'un bureau d'études. Elle permettrait aux étudiants volontaires de répondre à des commandes de professionnels en mode gestion de projet. Les gains en termes de réseautage, d'exercice précoce de responsabilités et de développement de la capacité de travail seraient évidemment considérables [I.5].

4.2 Pilier 2 : Professionnaliser les formations

Les différents programmes de ce second pilier enseigneront les bases théoriques sous une forme attrayante et participative. Ils fonderont la plus grande partie de l'expérience d'apprentissage sur l'autonomie maximale des étudiants par leur mise en situation et l'acquisition de compétences transposables au monde professionnel.

Formations par le terrain en partenariat international

Les enseignements pratiques où l'étudiant est acteur de sa formation sont autant d'opportunités de mobiliser des connaissances disciplinaires et des compétences techniques suivant une démarche scientifique rigoureuse dans

le but de résoudre une problématique préalablement énoncée. Le travail dit « de terrain » est une pratique courante en sciences de l'environnement et les enseignements correspondant à une mise en situation des étudiants et privilégiant une pédagogie active, doivent occuper une place de plus en plus prépondérante dans l'offre de formation.

Ce type d'enseignement a lieu généralement à l'échelle d'une promotion d'étudiants et de quelques encadrants. Nous proposons de développer ces enseignements à l'échelle de partenariats internationaux à l'aide desquels des équipes enseignantes proposent à des groupes mixtes d'étudiants d'interagir sur des mini-projets de recherche et partagent leurs approches pédagogiques selon le format du *Collaborative Online International Learning* (COIL). Chacun de nos étudiants aurait accès à ces activités au moins une fois pendant leur cursus au sein de l'institut. Des appels à projets internes trisannuels renouvelleront les thématiques abordées [II.1].

Cours analytiques et méthodologiques intensifs

L'un des atouts d'ITEM repose sur son parc analytique de pointe dédié aux questions environnementales. ITEM proposera aux étudiants de master des séances d'approfondissement analytiques et méthodologiques sur les instrumentations Equipex, leur donnant ainsi accès à un apprentissage unique dans le paysage national. Cela est rendu possible par l'implication grandissante des personnels ingénieurs ou chercheurs dans les formations au niveau « master ». Au-delà du développement de la compétence analytique, l'étudiant s'imprègne en temps réel du quotidien du fonctionnement d'une recherche d'excellence [II.2].

Écoles d'approfondissement thématiques

Pour allier attractivité et rayonnement de l'institut en lien avec les formations, nous souhaitons proposer des « Ecoles d'approfondissement thématiques » (1 semaine) ouvertes aux jeunes chercheurs (Master 2, post-doc et doc) d'AMU et hors AMU. Ces écoles traiteront de problématiques environnementales en lien fort avec les recherches développées au sein d'ITEM. Elles s'articuleront autour de séances en salle, avec des approches pratiques en laboratoire ou sur le terrain. Les thématiques disciplinaires (géochimie et/ou chimie environnementale, écologie, océanographie, ...) ou transverses (risques environnementaux, changement global, service écosystémique, cycle du carbone) seront soumises à validation chaque année [II.3].

4.3 Pilier 3 : Co-construire l'interdisciplinarité

L'institut accordera un label aux formations décrites dans ce troisième et dernier pilier et se donne pour objectif à moyen terme de porter un diplôme d'établissement sur la transition environnementale qui permettra d'offrir une formation interdisciplinaire diplômante. A terme, nous aimerions pouvoir porter un master interdisciplinaire, permettant de développer des compétences dans différentes disciplines autour d'une majeure. L'institut s'investira dans la formation tout au long de la vie et offrira ainsi des opportunités de formation dédiées aux professionnels en activité.

Formations interdisciplinaires transverses

ITEM proposera d'apporter un éclairage sur des thématiques environnementales mobilisant un collègue interdisciplinaire de chercheurs tirant parti de divers dispositifs d'observation existants. L'institut créera ainsi de nouvelles formations intersectorielles qui demanderont un fort investissement collectif. Les premiers éléments de réflexion proposés ci-après demanderont un approfondissement. Il s'agirait de formations interdisciplinaires sur un format de 3 jours alternant travail en salle, séminaires, et terrain sur des sujets autour de l'érosion de la biodiversité, la maîtrise et la gestion de la ressource en eau, ou celui plus local des « boues rouges » par exemple.

Les étudiants s'inscrivant dans cette démarche devront suivre des formations épistémologiques (histoire des sciences ...) ou substantielles (innovation technologique dans la transition expérimentale ...) [III.1].

Incubateur de projets interdisciplinaires

Enfin, l'institut lancera aussi une action d'« incubateur de projets » à l'attention des étudiants en master 1ère année des différents masters affiliés à l'institut. A titre d'exemple, les étudiants des masters de IMPGT et Pythéas seraient complémentaires à la fois sur les bases scientifiques, la gestion managériale et stratégique de levée de fonds pour mener à bien les projets environnementaux lancés à leur initiative [III.2]. Des projets Pythéas/Médecine ou Pythéas/Droit pourraient également voir le jour sous un schéma similaire.

Actions de formation tout au long de la vie

L'institut développera ses formations à destination de publics en alternance mais également en formation continue. En lien avec le service Formation Professionnelle Continue d'AMU, certifiée ISO 9001 depuis 2012, le catalogue des formations d'AMU sera enrichi. Des partenariats historiques dans le domaine de la gestion des risques naturels et anthropiques (Région PACA, IRSTEA, SYMADREM, CEREN, CEREMA et SDIS13) ou plus récent comme celui amorcé plus récemment sur les énergies renouvelables et l'optimisation énergétique (Eco-campus Provence Formation de Sainte-Tulle) permettent d'envisager le développement d'une offre de formation autour de ces thématiques ouverte à un public salarié des secteurs publics et privés en formation présentielle et à distance. ITEM renforcera le catalogue dans le domaine de la caractérisation et du diagnostic environnemental sur la base de ses plateformes. Nos étudiants en formation initiale pourraient opportunément être associés [III.3].

En favorisant l'émergence de projets et d'actions pédagogiques interdisciplinaires et innovants, ITEM vise à former, au travers de l'offre de formation existante, de la création de formations intensives et d'un diplôme interdisciplinaire en transition environnementale, une nouvelle génération de scientifiques, dont la vision intégrée

et les compétences transverses seront recherchées autant par les centres de recherche académiques les plus performants que les entreprises les plus compétitives. Ainsi, l'internationalisation, le tutorat d'excellence, le recrutement, le rayonnement et l'attractivité, l'apprentissage par la pratique, l'intégration forte de la recherche et le renforcement des liens entre nos programmes de master, de doctorat garantiront une formation d'excellence et stimulera l'interdisciplinarité et l'intersectorialité en Sciences de l'environnement. ITEM aura finalement pour ambition de mieux suivre et communiquer sur les perspectives de carrière de ses diplômés tant en master qu'en doctorat, de promouvoir l'orientation active dans les secteurs académiques et au-delà, de multiplier les initiatives d'accompagnement comme autant d'opportunités d'ajuster en temps réel l'offre de formation et de permettre à chaque étudiant méritant de disposer des atouts indispensables pour réussir son insertion professionnelle puis son évolution de carrière.

5 Plateformes technologiques d'ITEM

L'institut ITEM s'appuiera sur un ensemble unique de plateformes analytiques et de moyens d'observations ouverts à la communauté et intégrés dans des réseaux nationaux (CNRS, IBISA ...) et/ou labellisés « plateforme technologique Aix-Marseille ». Ces moyens techniques sont développés et mis en œuvre par un consortium reconnu pour son excellence et son expertise analytique et scientifique dans plusieurs grands domaines :

- **Géochimie isotopique et nucléides cosmogéniques** : Plateforme géochimique Equipex ASTER : traçage et datation isotopique (ICP-MC-MS), datation absolue par nucléides cosmogéniques : ^{14}C (Spectromètre de masse par accélérateur MICADAS), ^{10}Be , ^{26}Al , ^{36}Cl ... (Spectromètre de masse par accélérateur ASTER)
- **Micro et Nano spectro-imagerie 2D et 3D par RX, micro-minéralogie RX** : Plateforme RX EQUIPEX NANO-ID : détection, localisation, quantification et spéciation des éléments inorganiques, évolutions texturales et structurales des matériaux. (Micro et nano-tomographie RX, micro-spectroscopies de fluorescence RX, Prototype HERMES (High X-ray Energy Resolution Microscope for Environmental Sciences), T-XRF)
- **Chimie de l'atmosphère** : Caractérisation physique et chimique en temps réel des aérosols et des composés organiques volatils (COV) précurseur : plateforme mobile MASSALYA et Equipex NANO-ID (LAAPToF, PTR-ToF-MS, HR-ToF-AMS, TAG-AMS, MAAP, SMPS ...) et station « Air+ » à Marseille 5 Avenues
- **Echanges Air-Mer** : LASIF (Large Air-Sea Interaction Facility) infrastructure unique composée d'un réservoir d'eau formant une section d'essai plusieurs dizaines de mètres et un ventilateur générant des vents puissants. Il s'agit d'un dispositif unique, pour mener des recherches fondamentales et appliquées dans le domaine des échanges air-mer, et en dynamique des fluides classique et environnementale.
- **Biologie végétale et marquage des plantes par isotopes stables** : plateforme Phytotec labellisée IBISA (BIAM, Cadarache) d'expérimentations végétales en conditions contrôlées au service des industriels et de la recherche.
- **Microbiologie** : Plateforme REgionale de CYtométrie pour la Microbiologie (PRECYM). Spécialisée dans l'analyse individuelle des micro-organismes : identification, tri, dénombrements, physiologie, viabilité, activités. Labellisée par le GIS IBISA, le Pôle Mer, et Plateforme Technologique de l'Université d'Aix-Marseille.
- **Outils nationaux à la mer** de l'OSU Pythéas. L'Antedon II navire de station de plus de 10 m est intégré au sein de l'unité mixte de service « Flotte Océanographique Française ». Ce navire est dédié aux activités côtières océanographiques. Il assure une mission d'observation à long terme sur des sites d'études pérennes, et des supports à des projets scientifiques localisés dans la région autour de Marseille (Toulon - Rhône). Il bénéficie d'un large parc instrumental océanographie SAM (Service Atmosphère Mer) du MIO.
- **Systèmes/services d'observation et expérimentaux** de l'OSU Pythéas : atmosphère (SNOs ICOS, NDACC, PHOTONS,) marins (SNOs MOOSE, SOMLIT), écosystèmes (ICOS Font-Blanche) et in natura (O3HP, CLIMED, ORCHAMP-Ventoux).

Les dispositions en termes d'accessibilité, tarification, gouvernance ont déjà mis en place par la charte des « plateformes technologiques Aix-Marseille ». L'ITEM assurera une meilleure visibilité externe pour le domaine des sciences de l'environnement et valorisera ces outils dans le cadre de la formation par apprentissage et des projets de recherche. Il assurera une prospective mutualisée pour les futurs investissements en définissant les up-grades ou achats prioritaires à l'échelle de l'ensemble des laboratoires. Il jouera un rôle moteur dans le lien avec le tissu socio-économique. Par exemple il promouvra certains dispositifs instrumentaux auprès d'associations (AtmoSud (ex Air PACA), Institut-écocitoyens, Parcs nationaux) pour les aider dans leurs missions environnementales. Il le fera aussi auprès d'entreprises ou de groupements industriels comme la Team Henri Fabre, Gemalto, Total, sous formes de collaborations, de prestations ainsi que de formation continue.

6 Dynamique internationale

La stratégie internationale d'ITEM consistera à mettre en place un **partenariat international équilibré « NORD-SUD »** en sélectionnant un nombre de partenaires limité avec lesquels des collaborations efficaces existent depuis longtemps et des partenaires « cibles » dans la stratégie internationale d'AMU (Projet CIVIS, stratégie internationale AMU 2018-2022).

ITEM représente l'instrument qui renforcera la visibilité internationale d'AMU et les partenaires d'A*Midex dans le domaine des sciences de l'environnement et de la transition environnementale. Les partenaires possèdent déjà une reconnaissance internationale⁷, soulignée dans l'évaluation de l'EUR en 2017 et également démontrée par les très

⁷ La liste des lettres de soutien est détaillée en annexe (lettres reçues dans le cadre du projet EUR Earth-Sentinel 2017 et en cours d'actualisation pour l'institut ITEM)

nombreuses actions et projets internationaux initiés par les membres du consortium. Il intègre les projets pédagogiques A*Midex/MedNet et INDICES qui promeuvent un réseau d'écoles pratiques environnementales sur le pourtour méditerranéen (Tunisie, Maroc, Italie) et au-delà (Minnesota, USA), le nouveau Campus transnational Nord-Méditerranéen avec qui un projet H2020 PRIMA sur la réutilisation des eaux a déjà été déposé avec le CERTE (Tunisie), l'Univ. Mohamed VI (Maroc) et l'Univ. de Tripoli (Liban), projet UFTAM (Université franco-tunisienne pour l'Afrique et la Méditerranée), avec l'Université de Tunis El Manar et l'Université de Carthage, le GDR international iCEINT devenu l'IRP INOVE⁸ qui permet des échanges vers plusieurs universités américaines (Duke Univ., NC ; Virginia Tech, VA ; Carnegie Mellon Univ., PA ; Univ. Kentucky, KY). La stratégie d'ITEM reposera sur un réseau créé par le LABEX OT-MED : le réseau MedECC (Mediterranean experts on Environmental and Climate Change). Il regroupe plus de 360 experts de plus de 26 pays Méditerranéens (Maroc, Chypre, Italie, Espagne, Grèce, Portugal, Liban etc), soutenu financièrement par l'Union pour la Méditerranée (UPM) et dont l'objectif est de publier un rapport d'évaluation des impacts des changements climatiques en région méditerranéenne vers la fin 2019.

La stratégie d'ITEM consistera à renforcer ce réseau collaboratif qui compte déjà plusieurs universités associées aux zones prioritaires d'AMU : Univ. de Montréal, (Canada), et le MIT, (USA), Univ. Cadi Ayyad, (Maroc) et l'Univ. de Sfax, (Tunisie) ainsi que les 7 Universités du projet CIVIS. En effet, ITEM sera fortement impliqué dans le développement du projet stratégique d'Université Européenne CIVIS en particulier dans le projet de développement du « College on Environment, Climate change & Energy ». Les liens institutionnels établis entre ces Universités et AMU seront mis à profit pour favoriser l'attractivité des meilleurs étudiants étrangers dans nos masters et écoles doctorales mais aussi pour proposer des stages à l'étranger pour nos étudiants. Dans le cas particulier de l'Unité mixte internationale MS2E MIT-CNRS-AMU, ITEM permettra de renforcer les échanges autour d'une thématique émergente en lien avec la physique de la ville et la transition environnementale. Le MS2E développe en effet une approche pionnière et structure la communauté internationale en ayant organisé un premier Workshop international en 2016 intitulé « Urban physics ». Un projet de GDR international entre AMU, CNRS et MIT intitulé « Urban Science and Engineering for quantitative Resilience and Sustainability (USEqRS) » a été déposé dans cet objectif. Ces échanges seront élargis à l'ensemble de notre réseau, en gardant à l'esprit les priorités AMU. Les étudiants de l'institut ainsi que les personnels académiques, bénéficieront ainsi d'un réseau collaboratif international dynamique. ITEM renforcera la collaboration étroite engagée par les LABEX avec l'IMERA afin d'accroître les capacités d'accueil de professeur étrangers.

La politique d'attractivité d'ITEM reposera fortement sur les actions de formation lancées à l'international. ITEM servira de levier pour développer des diplômes et formations internationales. Des actions comme l'UFTAM, la formation Erasmus + ECO-MED (MIO), CIVIS, la co-diplomation GEE avec l'USEK du Liban seront soutenues. ITEM soutiendra financièrement les dépôts de projets aux appels Européens (Marie Curie, Erasmus Mundus, ...) en lien avec l'office international d'AMU pour focaliser sur les partenaires et zones prioritaires identifiés dans la politique internationale d'AMU.

Les axes de recherche d'ITEM s'intègrent parfaitement dans le cadre du futur financement de la recherche par la commission Européenne (2021-2027), en particulier pour le pilier 2 et les projets collaboratifs. Les priorités « Climat énergie et mobilité » ainsi que « alimentation et ressources naturelles » sont en adéquation avec les objectifs d'ITEM. Ce positionnement permettra d'utiliser ITEM comme effet levier vis à vis de la commission et d'accroître le potentiel de collaboration internationale.

7 Relations avec le monde socio-économique et culturel et potentiel d'insertion professionnelle

Une des forces d'ITEM concerne les liens sociaux-économiques et l'innovation technologique qui seront mis au service de l'institut. La dynamique de l'institut tirera bénéfice de l'expérience des Labex OT-Med et SERENADE qui développent des actions autour des technologies de remédiation (bio/phyto-remédiation, nanotechnologies / nanomatériaux pour l'environnement, ...). L'institut abordera aussi la question de l'impact des nouvelles technologies (nanotechnologies, nouvelles énergies, ...) qui se trouve au cœur des préoccupations d'acteurs industriels et décideurs politiques. Différentes actions initiées en lien avec les pôles de compétitivité, PRIDES (EA, Pôle EAU, Pôle MER) et d'autres acteurs socio-économiques tels que les Parc Nationaux (des Calanques et des Ecrins) ont permis de créer des synergies et des projets collaboratifs avec des industriels et acteurs économiques locaux, nationaux et internationaux comme ALLIOS, ERG Environnement, Sol Environnement, SEAKALIA, INERIS, Team Henri Fabre, INERIS, Veolia, Total, ORTEC, Eco-Med, Société du Canal de Provence, Air-PACA, BASF, NANOGAP, Agences de l'eau, Institut Ecocitoyen...

L'institut s'engage déjà activement dans le transfert des connaissances sur les changements environnementaux vers les décideurs (GREC-SUD (ex GREC-PACA) pour la région SUD, MedECC pour la Méditerranée). Il interagit aussi dans le cadre du développement responsable des nanotechnologies avec les principaux acteurs concernés par les activités pré-réglementaires et ou pré-normatives (comités de l'OCDE, agences de normalisation nationales et internationales (AFNOR, CEN et ISO) l'ANSES, l'Agence française chargée de la sécurité alimentaire et professionnelle). Ce rôle permettra de créer un cadre favorable pour les relations entre les étudiants et le tissu socio-économique.

⁸ INOVE= Innovations for the Environmental sustainability (IRP = International Research Project (financé par le CNRS 2019+2023)

Le consortium de l'institut dispose de liens étroits et pérennes avec les partenaires socio-économiques, notamment par l'implication de certains de ses membres dans le CS d'EA-Ecoentreprises et du Pôle Mer. Au sein de l'institut, nous renforcerons les interactions avec ces partenaires à une échelle nationale voire internationale en s'appuyant sur des réseaux de professionnels tels que AGébio (Association française pour le Génie biologique ou génie végétal), ASTEE (association des professionnels de l'eau et des déchets), etc, et sur les pôles de compétitivité tels que les Pôles Mer, Eau, SAFE, etc... L'interfaçage étroit entre partenaires sera soutenu notamment par la mobilisation de dispositifs comme les CIFRES (Conventions Industrielles de Formation par la Recherche, ANRT, l'institut Carnot IRSTEA, qui évoluera vers un institut Carnot consacré à l'environnement dans le cadre de la fusion INRA/IRSTEA) qui favorisent une formation par la recherche sur des questionnements scientifiques dont les résultats pourront être exploités ou développés par la suite par les sociétés partenaires et favorisant la création d'un bassin d'emploi pour les docteurs formés. Enfin la mise en place de la « junior entreprise » « JE-TEM », qui outre les bénéfices en termes de formations, favorisera les liens avec le tissu socio-industriel.

Les membres de l'ITEM se positionnent comme des interlocuteurs des services de l'Etat et des collectivités territoriales dans l'exercice de leurs compétences en matière d'aménagement et de développement. Un des enjeux de l'ITEM est de pouvoir associer à ses recherches et à ses enseignements les partenaires institutionnels locaux et notamment la Région, la Métropole, le Département, les communes mais aussi les établissements à caractère public comme les parcs naturels, le Grand port maritime de Marseille, le Conservatoire du Littoral, ... dans le cadre d'expérimentations croisées avec les acteurs du territoire. L'Institut a aussi vocation à tisser des passerelles entre savoir académique, monde de l'entreprise et politiques publiques.

8 Rôle prospectif et structurant d'ITEM

La création d'ITEM va marquer une nouvelle étape dans le parcours de structuration progressive des sciences de l'environnement sur l'aire d'Aix-Marseille, au cours des deux dernières décennies. La création de l'IFR PMSE en 2001, puis de la FR ECCOREV en 2005, la mise en place de l'OSU Pythéas lors de la création d'AMU, ainsi que celle du PR2I Environnement, ont marqué successivement la volonté d'unifier les ressources clés de l'Université dans le champ pluridisciplinaire de l'Environnement. Le succès des LABEX OT-MED et SERENADE au PIA a donné une nouvelle impulsion à cette dynamique de concertation continue entre disciplines, et insufflé les moyens financiers d'une politique incitative résolument transversale. ITEM doit donc avant tout marquer la volonté de l'Université de poursuivre dans cette direction, et d'affirmer son ambition de leadership dans ce domaine vis à vis du monde socio-économique.

Pour les communautés regroupées au sein de l'institut, ITEM concrétisera plusieurs évolutions importantes marquant un saut qualitatif par rapport aux acquis antérieurs.

1) La convergence des équipes constituant les Labex imposera de choisir des thèmes et chantiers communs mobilisant toutes les échelles d'appréhension, des mécanismes physico-chimiques à nano-échelle, jusqu'à la dimension régionale. Nous avons donné plusieurs exemples de thèmes pour lesquels cette complémentarité d'échelle s'impose et conditionnera les progrès futurs de la compréhension et de la maîtrise de problèmes environnementaux.

2) La volonté de travailler non plus seulement sur les diagnostics de dommages, mais aussi sur les dynamiques de changement de pratique ou sur les procédés de remédiation devra marquer une évolution très sensible vers la transition environnementale.

3) un effort maintenu pour la prise en compte de la dimension sociétale des problèmes abordés, en collaboration avec les communautés scientifiques compétentes à l'intérieur ou à l'extérieur de l'institut, et en partenariat avec les acteurs socio-économiques. Cette dynamique était déjà annoncée et entamée par les Labex, mais reste principalement embryonnaire et doit être largement développée.

L'institut se construira en symbiose avec d'autres instituts qui formeront le nouvel écosystème d'AMU. Pour l'instant, ITEM a établi des liens concernant des actions de recherche et de formation⁹ avec quatre instituts à savoir

- Instituts ARKAIA
- Institut des Sociétés en mutation
- Institut des sciences de la fusion et l'instrumentation en environnement nucléaire
- Institut d'imagerie pour la biologie et la médecine de Marseille

et certainement d'autres seront possibles lorsque cette nouvelle structuration de la recherche sera stabilisée.

Au niveau global, les liens pourront se créer autour de différents outils et initiatives. Afin de faciliter ces démarches communes tant en formation qu'en recherche, il est proposé que chacun des instituts intègre dans sa gouvernance un représentant des autres instituts. Il apparait possible, dans certains cas de lancer des appels d'offre commun pour initier des actions de recherche. Enfin, au niveau formation, la création de modules communs au niveau des écoles doctorales semble réalisable à court terme, puis dans un deuxième temps ces nouveaux modules pourront se décliner au niveau des masters.

Les Instituts possèdent des plateformes techniques et de caractérisation qu'il conviendra de mutualiser. Dans de nombreux cas les plateformes ont été labellisées « PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES AIX-MARSEILLE » ce qui garantit une ouverture à toutes les unités, une politique de tarification et des modalités de mise en œuvre harmonisées. Les Instituts renforceront le niveau d'information afin de promouvoir en interne l'ensemble des

⁹ Les détails des actions et thèmes de collaboration envisagés sont données en annexe

moyens accessibles aux équipes. Il existe des outils, plateformes, bases de données, qui ne bénéficient pas de ce Label et qu'il conviendra d'inclure dans les actions de promotion. De plus les Instituts identifieront des besoins communs auxquels ils répondront via des actions collectives comme des demandes de financement (Région, CNRS, INSERM, FEDER, ...), des formations et le développement de moyens techniques communs.

L'émulation en faveur de l'innovation et la réflexion prospective sont d'ores et déjà des acquis déterminants des structures fédératives précédentes comme ECCOREV. Un des outils précieux a été la tenue de colloques internes annuels, en présence des collègues experts internationaux permettant de placer tous les débats au meilleur niveau actuel. Outre la poursuite de cette pratique, ITEM installera une cellule permanente de prospective. Ce « think tank » Next-ITEM aura comme objectif de créer et implémenter de nouveaux concepts et outils interdisciplinaires pour la transition environnementale, à la fois en termes de recherche et d'enseignement. L'enjeu se situera surtout sur la conception de nouveaux outils permettant une connexion entre recherche et enseignement, des plateformes de co-développement de projets entre des scientifiques et des acteurs de la société civile, ou des projets de recherche développés par des étudiants en mode interdisciplinaire. Next-ITEM sera animé par un Comité de Pilotage composé de chercheurs, enseignants-chercheurs de l'ITEM et de collègues hors AMU, d'étudiants (Masters/Doctorants/Post-doctorants) de l'ITEM et des socio-professionnels (i.e. gestionnaires de parcs, industriels, associations).

9 Pilotage d'ITEM

Le modèle de gouvernance proposé par A*Midex sera mis en place pour ITEM. L'institut disposera d'un comité de pilotage (Copil) pour superviser et valider la mise en œuvre des axes de recherche, des outils et écoles de formation, la mise en œuvre des appels d à projets, l'adéquation avec la politique de site... La composition suivra les indications d'A*Midex.

ITEM créera un comité d'orientation stratégique externe formé d'une dizaine d'experts recherche et/ou enseignement proposés par les DU et les responsables de formation) sans oublier des représentants d'autres Instituts. Le comité assurera plusieurs rôles. Il participera tout d'abord aux actions du NEXT-ITEM, en se réunissant une fois par an et en organisant 1 à 2 vidéo-conférences pour suivre l'état des actions engagées. Il évaluera les propositions des propositions reçues aux différents appels d'offre d'ITEM et participera à l'identification des priorités des appels à projets.

ITEM mettra en place un bureau exécutif composé du groupe de direction et des responsables des axes de recherche (3 axes), des relations internationales, de la formation (masters et écoles doctorales) et de la valorisation. Le bureau assurera le suivi quotidien des nombreuses actions engagées concernant la formation, la recherche et la valorisation. Il permettra une animation collégiale impliquant les compétences et expertises multiples

L'institut mettra en œuvre ses actions en soutenant des projets via différents appels à projets (c f; détails ci-après). Le bureau exécutif sélectionnera les projets et les étudiants. Dans le cas des projets de recherche et des écoles de formation, la sélection sera basée sur les évaluations du comité international, la décision finale revenant au comité de pilotage.

La mise en œuvre de nos objectifs se base sur l'expérience et les moyens mis en œuvre dans le cadre des labex OT-MED, SERENADE et ICOMe2. La feuille de route proposée pour 5 ans, s'appuie sur un ensemble de moyens décrits ci-dessous pour servir un périmètre de plus de 320 chercheurs / EC, 750 étudiants « master » et 250 doctorants et près de 25 partenaires académiques internationaux.

	• 3 projets de recherche / an (Cf. description ci-après) interdisciplinaires incluant 15 allocations de recherche doctorales et 16 allocations post-doctorales de 2 ans pour une durée de 5 ans.
	• 24 « bourses-attractivité » de master par an (bourses d'attractivité nationale et internationale) pour attirer à ITEM les meilleurs étudiants de master 1 et 2.
	• 100 mois de gratification de stage master (20 bénéficiaires) par an
	• 8 écoles de terrain / thématiques / d'été tous les 2 à 3 ans ouvertes aux étudiants de M1, M2, doctorants et post-doctorants.
	• 10 bourses de mobilité Doctorale par an pour obtention du Label 'thèse européenne' (soit un total de 30 mois de mobilité).
	• Le financement annuel d'innovations pédagogiques et de stages tuteurés.
	• Personnels supports, logistique

La définition annuelle des critères d'évaluation des projets représentera une méthode de choix pour atteindre les objectifs d'ITEM en termes de recherche et de formation et de les infléchir le cas échéant.

L'outil principal de la mise en œuvre du projet consistera à lancer des Appels à Projets (AAP) annuels pour soutenir des actions de recherche, de formation et de valorisation. Les critères de sélection incluront l'excellence scientifique, l'interdisciplinarité, l'intersectorialité, les approches intégratives (interfaces air-terre-mer, ville-périphérie, etc...) les sites d'études prioritaires et l'adéquation aux axes majeurs de l'ITEM (figure 1) dont l'objectif commun est la transition environnementale.

Il s'agira de soutenir 3 projets de recherche par an, incluant obligatoirement des actions de formation et de valorisation. Chaque projet pourra recevoir 2 allocations de recherche (bourses Doctorale et/ou Post-doctorale) afin d'assurer l'interdisciplinarité et devra adresser au moins un des 9 sous-axes prioritaires (figure 1). Il semble important

¹⁰ Afin que les allocations de recherche se terminent au plus tard en fin de 5^{ème} année, les thèses seront lancées les années 1 à 3 et les contrats post-doctoraux des années 1 à 4.

de rappeler que la sélection des 3 axes de recherche est le fruit d'une réflexion collective approfondie qui évite la juxtaposition des dynamiques des Labex et favorise l'interdisciplinarité et l'intersectorialité. Notre volonté est de co-construire les axes en associant les sciences physiques, chimiques, naturelles, de la santé, sociales et humaines, économiques, juridiques ... afin de créer une synergie de site.

Les projets sélectionnés permettront de travailler sur l'ensemble des 9 sous-axes lors des 3 premières années. Une évaluation des avancées des travaux en fin de 3ème année permettra de définir les priorités pour les deux dernières années.

Les AAP porteront aussi sur les actions spécifiques de formation (écoles de terrain, d'été), les actions d'innovation pédagogique, les 'allocations' de bourse de master, les gratifications de stage ainsi que les mobilités entrantes et sortantes comme détaillées dans la figure 2.

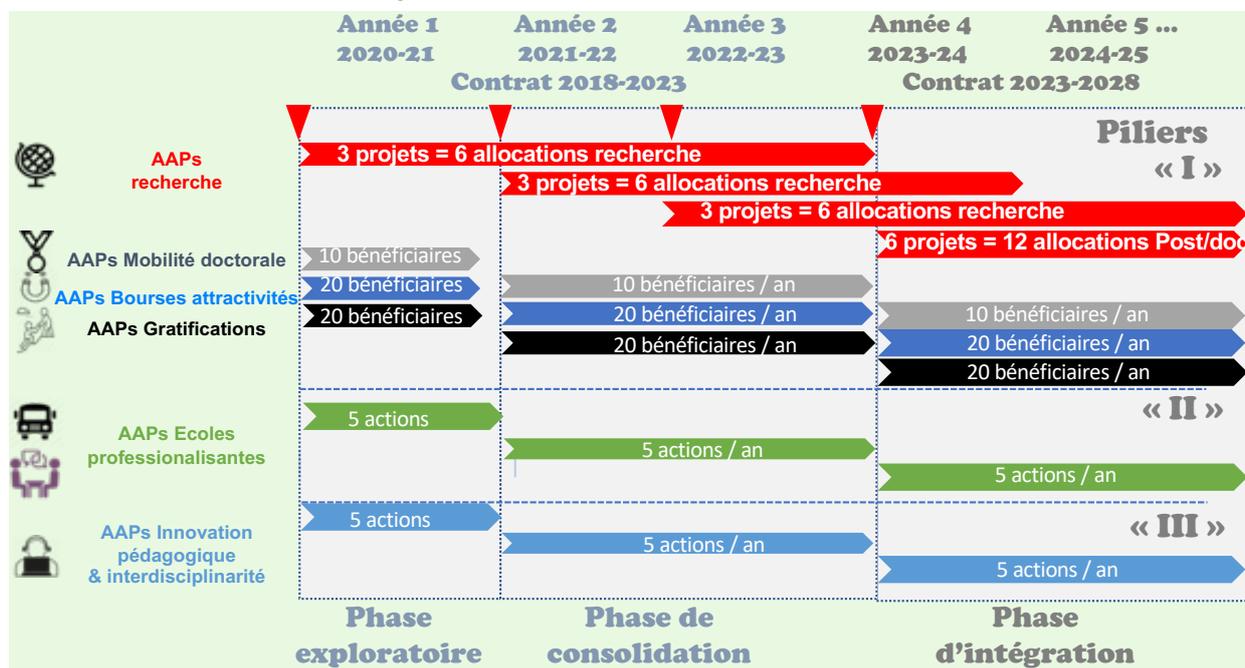


Figure 2 : mise en œuvre des AAP d'ITEM

Budget annuel estimé

	Total k€
Gouvernance : personnel, fonctionnement, advirosy board meeting	135 k€
Chefs de projet (data manager, développement des plans de com, outreach)	100 k€
Programme Bourses d'excellence (master, doctorants et Post-doctorants)	860 k€
Programme Ecoles (terrains et thématiques, prof invités)	150 k€
Mobilité entrante Master / accueil Prof. invités	48 k€
Mobilité sortante	69 k€
Bureau Insertion professionnelle, Alumni, développement personnel, stages	40 k€
Innovation pédagogique (mentoring, SPOC, MOOC, TICE, stages, UE, frais généraux...)	70 k€
Support logistique (modélisation, SIG, bases de données, plateformes...)	60 k€
Total	1532 k€
Total avec frais de gestion 8%	1655 k€

ANNEXES

Tableau A1 : Matrice d'affinités entre formations et axes thématiques

Légende : central dans certains enseignements (+), pour au moins un parcours (++) ou pour l'ensemble de la mention (+++) ;					
<i>Composante</i>	<i>Diplôme</i>	<i>Intitulé mention ou parcours</i>	1) Analyse des changements environnementaux	2) Gestion des ressources	3) Résilience des sociétés face aux risques
<i>Collège doctoral</i>	<i>Ecole Doctorale</i>	<i>Sciences de l'environnement</i>	(+++)	(+++)	(+++)
<i>OSU Pythéas</i>	<i>Master</i>	<i>Biodiversité, écologie et évolution</i>	(+++)	(+++)	(++)
<i>IMPGT</i>	<i>Master</i>	<i>Management public - parcours Management, qualité et gestion des risques sociétaux</i>	(++)	(+++)	(+++)
<i>OSU Pythéas</i>	<i>Master</i>	<i>Gestion de l'environnement*</i>	(+++)	(+++)	(+)
<i>OSU Pythéas</i>	<i>Master</i>	<i>Sciences de la Mer</i>	(+++)	(+++)	(+)
<i>OSU Pythéas</i>	<i>Master</i>	<i>Sciences de la Terre, planètes, environnement</i>	(+++)	(+++)	(+)
<i>IMPGT</i>	<i>Master</i>	<i>Management public - parcours Développement durable et gouvernance territoriale de projets en Méditerranée et à l'international</i>	(+)	(++)	(++)
<i>Médecine</i>	<i>Master</i>	<i>Biologie et santé - parcours santé et environnement</i>	(+)	(+)	(+)
<i>ALLSH</i>	<i>Master</i>	<i>Géographie, aménagement, environnement et développement</i>	(+)	(+)	(+)
<i>Droit</i>	<i>Master</i>	<i>Droit international et droit européen - parcours Droit de l'environnement</i>		(+)	(+)
<i>ALLSH</i>	<i>Master</i>	<i>Psychologie- parcours Psychologie sociale de la santé</i>			(+)
<i>ALLSH</i>	<i>Master</i>	<i>Sociologie des mutations contemporaines</i>			(+)
<i>ALLSH</i>	<i>Master</i>	<i>Histoire, civilisations, patrimoine, monde moderne et contemporain</i>			(+)
<i>Collège doctoral</i>	<i>Ecole Doctorale</i>	<i>Sciences économiques et de gestion</i>		(+)	(+)
<i>Collège doctoral</i>	<i>Ecole Doctorale</i>	<i>Espaces Cultures Sociétés</i>	(+)	(+)	(+)
<i>Collège doctoral</i>	<i>Ecole Doctorale</i>	<i>Sciences juridiques et politiques</i>			(+)

(*) incluant le parcours de mention délocalisés à Tunis à compter de sept 2019 dans le cadre de l'Université franco-tunisienne pour l'Afrique et la Méditerranée (UFTAM).

Tableau A2 : Liste des outils de formation mis en place par ITEM

Icone	Initiative	Candidats	Incitations	Prérequis / sélection	Pilier (rang)
	Bourse de doctorat ou post-doctorat	Etudiants master 2 et docteurs	Bénéficie des initiatives de l'Institut en tant que membre actif	Au mérite sur dossier et entretien 5 bourses de thèse et 5 bourses de post doctorat par an	I.1
	Bourse d'installation	Etudiants internationaux Etudiants AMU.	Subvention d'installation Exonération de droits d'inscription	Au mérite sur dossier et entretien Étudiants de premier cycle d'AMU sélectionnés au mérite sur dossier et entretien	I.2
	Mobilités sortante	Masters 1&2 ou docteurs	Bourse de mobilités pour un stage dans un laboratoire labellisé à AMU ou hors AMU	Sélection internationale au mérite des titulaires d'un master ou d'un doctorat Les candidats sont co-dirigés par des chercheurs relevant de deux disciplines et/ou deux laboratoires.	
	«Supersized» mon doctorat	Doctorant(e)s 1er et 2ème année	Gratification de stage de 3 mois au sein d'un laboratoire Européen labellisé pour obtenir le titre Doctor Europaeus	Compétences démontrées dans une langue étrangère Basé sur le projet professionnel individuel et au mérite	
	Adopte un master	(Post-) doctorant(e) de l'Institut	Bénéficie des initiatives de l'Institut en tant que membre actif	Les demandes seront classées par le conseil scientifique de l'Institut	I.3
	Bureau des carrières	Licence 3, Masters 1&2 ou docteurs ou diplômés juniors et séniors	Réseau des étudiants, des diplômés juniors et séniors, des équipes pédagogiques et experts des branches d'activité concernés	Participation à la vie du réseau d'échanges sur offre de formation, opportunités de stage ou d'emploi, attentes du marché du travail	I.4
	Junior-entreprise de la transition environnementale en Méditerranée (Junior ITEM)	Licence 3, Masters 1&2 ou docteurs ou diplômés juniors et séniors	Réponse à la commande contractuelle de professionnels	Motivation, capacité de travail, esprit d'entreprendre	I.5
	Formations par le terrain en partenariat international	Masters, doctorants et post-doctorants	Formation diplômante	S'appuyer sur la compétitivité du projet présenté par l'équipe pédagogique Nombre limité d'élèves pour certaines écoles (processus de sélection).	II.1
	Programme de formations méthodologie analytique et instrumentale	Doctorants et post-doctorants en priorité	Formation diplômante		II.2
	Ecoles d'approfondissement thématiques	Doctorants et post-doctorants en priorité	Formation diplômante		II.3
	Formations interdisciplinaires	Masters et doctorants	Formation labellisée	Cohérence avec le projet professionnel	III.1
	Incubateur de projets interdisciplinaires	Master 1	Formation labellisée	Basée sur le mérite et qualité de la proposition	III.2
	Formation tout au long de la vie	Salariés des services publics et privés	Formation diplômante	Cohérence avec le projet professionnel	III.3

Tableau A3 : Paysage actuel des domaines d'excellence de l'Institut en sciences de l'environnement via les projets de grande envergure financés

PIA 1&2		PIA AMIDEX				European projects FP7 / H2020	International projects other	
LABEX	EQUIPEX	Inter-disciplinaires	Academy of Excellence	DHU	Euro - Méditerranéen			
OT-MED (2012/19)	ASTER (2011/19)	PREHYDPO (2014/16) 325 K€ Hypoxia events in coastal waters	MED-NET (2013/18) 725 K€ Med. network of Environmental training sites		MC3-network (2014/15) Med. cities and climate change	OPERAs /H2020 (2016/19) Open Sea Operating Experience to Reduce Wave Energy Cost	LMI COSYS-Med (2014-19) Contaminants et ecosystèmes marins sud med.	
					Plastox/H2020 (2016/18) MICROPLASTICS			
		SynTerCaIM (2014/16) 375 K€ Synergie sur le Territoire des Calanques Marseillaises				CHROME (2015/15) Continuous and High Resolution Observation of the Med. Sea	MARFOR /H2020 (2017/19) Functional Variability and Dynamics of Responses of Marine Forests to Global Change	ECORD (2013/23) European Consortium for Ocean Research Drilling
						NEXOS/FP7 (2016/19) Next Generation Web-Enabled Sensors for the Monitoring of a Changing Ocean		
SERENADE (2012/19)	NANO-ID (2011/19)	PASSIV-ITER (2013/16) 500k€ New energy source: fusion and tritiated dust generation		CRÉER (2015/17) Environment & health		DOC2AMU (2016)	GDRi iCEINT (2009/17) 300 K€ Environmental implication of Nanotech	
						TRANSAT /H2020 (2017/21) 750 K€ Fusion and fission energy and dust generation impact		
						NANOREG 1/FP7 (2012/16) 1 200 K€ Nanotech regulation	Ministère Affaires Etrangères (Chateaubriand)	
						NANOREG 2/H2020 (2015/18) 10 000 K€ Nanotech Safe by design		
						PROSAFE /FP7 (2015/17) 1 000 K€ Nanotech Safe by design		
						SUN/FP7 (2013/17) 1 100 K€ Nanotech life cycle		

Tableau A4: Partenariat international et lettres de soutien des universités prioritaires pour AMU. (en surligné rose: partenaires officiels prioritaires d'AMU.)

Université / Partenaire / Statut	Pays	Domaine / Secteur	1) Analyse des changements environnementaux	2) Gestion des ressources	3) Résilience des sociétés face aux risques
<i>Europe</i>					
Université de Stockholm	Suède	Stockholm Resilience Centre/ Transition environnementale (CIVIS)	(+++)	(+++)	(+++)
Cyprus Institute	Chypre	Sciences de l'Environnement	(++)	(+++)	(+)
Universität Wien	Autriche	Sciences de la terre, géographie	(+)	(+++)	(++)
EAWAG	Suisse	Sciences de l'environnement	(++)	(+++)	(+)
Université Autonome de Barcelone	Espagne	The Institute of Environmental Science and Technology	(+++)	(+++)	(++)
University of Tübingen	Allemagne	Géosciences appliquées (CIVIS)	(+++)	(+++)	(+)
University of Athens	Grèce	Sciences de l'environnement et du climat (CIVIS)	(+++)	(++)	
Université libre de Bruxelles	Belgique	Transition Energétique, combustion (CIVIS)	(+)	(++)	(++)
Sapienza University of Roma	Italie	Agriculture raisonnée, (CIVIS)		(++)	
University of Bucharest	Roumanie	Sciences de l'environnement (CIVIS)	(++)		
<i>Amérique du Nord</i>					
GEOTOP	Canada	Géosciences	(+++)	(++)	(+)
Duke Université	USA	Sciences de l'environnement	(++)	(+++)	(++)
Columbia University	USA	Changements globaux	(+++)	(+++)	(++)
Virginia Tech	USA	Sciences de l'environnement	(+)	(+++)	(+)
Carnegie Mellon Univ	USA	Sciences de l'environnement	(+)	(+++)	(+)
Univ. Kentucky	USA	Sciences de l'environnement	(+)	(+++)	(+)
MIT	USA	Urban physic	(+)	(+++)	(+)
<i>Afrique</i>					
Univ de Tunis El Manar,	Tunisie	Sciences humaines et sociales et sciences pour l'ingénieur	(++)	(++)	(+)
Université de Carthage	Tunisie	Sciences humaines et sociales et sciences pour l'ingénieur	(++)	(++)	(+)
Mohammed VI Polytechnic University	Maroc	Sciences économiques et sociales, agronomie, géosciences, ressources minérales, eau	(++)	(++)	(++)
Université Mohamed V	Maroc	Géosciences	(+)	(++)	
Université Cadi Ayyad	Maroc	géosciences, ressources minérales, eau	(+)	(+++)	(+)
Holy Spirit University of Kaslik (USEK)	Liban	Sciences de la vie et de la terre	(++)	(++)	(+)

Annexe 5 : Liens envisagés pour construire les relations avec les autres instituts et partager une stratégie en termes d'équipements, de plateformes

Comme indiqué précédemment, ITEM s'est longuement entretenu avec plusieurs porteurs d'Instituts afin d'identifier les centres d'intérêt communs et de définir les modalités de mise en œuvre. Le premier point à rappeler concerne la volonté de tous les porteurs d'Institut de définir le mieux possible les actions et priorités au sein de chaque Institut. Il s'agit d'éviter au maximum les redondances. Ensuite, nous sommes convenus avec les porteurs des Instituts ARKAIA, de l'Institut des Sociétés en mutation, de l'Institut des sciences de la fusion et l'instrumentation en environnement nucléaire et l'Institut d'imagerie pour la biologie et la médecine de Marseille, de lancer des actions de recherche, de formation, de développement de moyens techniques communs. Comme indiqué précédemment, les actions innovantes et/ou en rupture avec les pratiques seront développées dans le cadre d'AAPs annuels co-financés par les Instituts et la **FR ECCOREV** qui deviendra un véritable « **incubateur, laboratoire d'idées** ». Cela concernera à minima ITEM, l'institut ARKAIA et l'institut des Sociétés en mutation, dont les équipes sont déjà membres de cette fédération de recherche. Ensuite il s'agira dans le cadre de sujets précis et d'intérêt communs de cofinancer des AAP inter-Instituts.

Liens et actions avec l'Institut ARKAIA

Les thématiques d'ARKAIA en lien avec ITEM sont essentiellement représentées par l'axe 1 d'ARKAIA (Espaces méditerranéens : des milieux aux territoires; cultures de la mer et anthropisation du milieu). Les questions méditerranéennes sont évidemment très présentes dans les deux instituts. La ressource en eau, les environnements littoraux et les relations hommes/milieux sont des thématiques communes. Les paléosciences sont un point fort de l'ITEM, mais la finalité des études est moins la connaissance du passé pour lui-même qu'une meilleure compréhension des changements climatiques et environnementaux à long terme. ITEM privilégie les connexions entre les paléosciences et les sciences actualistes (écologie, climatologie, hydrologie ...). En outre, les deux instituts partagent également plusieurs plateformes : European Pollen Database, dendrochronologie, sédimentologie, équipement pour isotopes stables et cosmogéniques. Ils sont complémentaires et il est très souhaitable qu'ils développent des projets communs via des AAPs co-financés.

Liens et actions avec l'Institut Sociétés en mutation

Les sujets d'intérêt commun entre ITEM et cet Institut concernent principalement ses deux axes «Processus socio-économiques, politiques et juridiques, transitions démographique et énergétique » Et « Dynamiques et recompositions territoriales». Certaines questions de l'Institut des Sociétés en mutation, portent sur des mutations sociétales au regard de l'impact environnemental et sanitaire, qui aboutissent à l'adoption et à la légitimation de choix énergétiques, économiques par les politiques publiques et à des actions publiques en faveur de la préservation de l'environnement dans les pays méditerranéens. Ces approches et ces sujets spécifiques seront très complémentaires des axes développés par ITEM.

- Les deux Instituts pourront aussi bénéficier réciproquement des plateformes (Imagerie, Drones, pour ITEM) et des plateformes / bases de données pour l'Institut des Sociétés en mutation (DEMOMED, CARTOMUNDI, ...).

Liens et actions avec l'Institut des sciences de la fusion et l'instrumentation en environnement nucléaire

Le développement d'une nouvelle filière électronucléaire basée sur la fusion, et la gestion et les évolutions de la filière fission, objectifs principaux de l'Institut des sciences nucléaires et de la fusion, devront intégrer des aspects environnementaux. Par exemple, la gestion des déchets de démantèlement des centrales de fission, la génération de poussières tritiées dans le cas de la fusion représentent des sujets d'intérêt commun. Les liens existent déjà entre les deux consortiums puisqu'un projet Interdisciplinaire A*Midex (PASSIV-ITER) financé il y a 4 ans a débouché sur un projet Européen TRANSAT intégrant des partenaires des deux instituts. Des actions communes en termes de formation et de recherche pourront être lancées.

Liens et actions avec l'Institut d'imagerie pour la biologie et la médecine de Marseille

Les liens entre ces deux instituts portent principalement sur des actions de développements méthodologiques. En effet, ITEM possède une plateforme d'Imagerie 3D parfaitement adaptée aux échantillons biologiques et pourrait ainsi proposer des outils complémentaires aux partenaires de l'Institut d'Imagerie. En retour, les partenaires biologistes d'ITEM pourraient bénéficier de la dynamique unique de l'Institut d'Imagerie. En particulier, une synergie entre les deux instituts autour de l'axe transverse du traitement d'image sera soutenue.

Institut Méditerranéen pour la Transition Environnementale (ITEM)

Suite à l'audition et au rapport d'évaluation, le groupe de rédaction présente les éléments de réponses et les inflexions apportées au projet d'Institut d'établissement ITEM.

La volonté de notre projet d'Institut est de tirer profit d'une synergie entre trois Labex (OT-Med, SERENADE et ICOMe2), deux Equipex, les principaux Masters et l'école doctorale d'AMU en lien avec l'Environnement.

Appréciation globale du projet et recommandations générales.

Un potentiel recherche d'excellente qualité, cependant la stratégie du projet doit être retravaillée en menant une réflexion sur les thématiques "majeures", basée sur l'excellence de celles-ci, reconnues à l'échelle internationale avec une masse critique importante. Le rôle et les missions de l'institut doivent également être mieux décrites afin de préciser son positionnement à l'échelle nationale et internationale.

1. Décrire la vision et la feuille de route à 5 ans

REPONSE :

La vision portée par le consortium, consiste à positionner AMU au meilleur niveau international dans le cadre de la transition environnementale et à contribuer à la mise en œuvre des Objectifs du Développement Durable de l'agenda 2030 que l'ONU a adopté en 2015. Notre vision s'inscrit dans la co-construction de l'inter-sectorialité au-delà de la juxtaposition des disciplines. Cette posture scientifique et méthodologique s'impose pour appréhender la complexité des enjeux socio-environnementaux qui s'expriment à différentes échelles et à différentes temporalités.

La mise en œuvre de nos objectifs se base sur l'expérience et les moyens mis en œuvre dans le cadre des labex OT-MED, SERENADE et ICOMe2. La feuille de route proposée pour 5 ans, s'appuie sur un ensemble de moyens décrits ci-dessous pour servir un périmètre de plus de 320 chercheurs / EC, 750 étudiants « master » et 250 doctorants et près de 25 partenaires académiques internationaux.

	• 3 projets de recherche / an (Cf. description ci-après) interdisciplinaires incluant 15 allocations de recherche doctorales et 16 allocations post-doctorales de 2 ans pour une durée de 5 ans. ¹
	• 24 « bourses-attractivité » de master par an (bourses d'attractivité nationale et internationale) pour attirer à ITEM les meilleurs étudiants de master 1 et 2.
	• 100 mois de gratification de stage master (20 bénéficiaires) par an
	• 8 écoles de terrain / thématiques / d'été tous les 2 à 3 ans ouvertes aux étudiants de M1, M2, doctorants et post-doctorants.
	• 10 bourses de mobilité Doctorale par an pour obtention du Label 'thèse européenne' (soit un total de 30 mois de mobilité).
	• Le financement annuel d'innovations pédagogiques et de stages tuteurés.
	• Personnels supports, logistique

COÛT annuel

	Total k€
Gouvernance : personnel, fonctionnement, advirosy board meeting	135 k€
Chefs de projet (data manager, développement des plans de com, outreach)	100 k€
Programme Bourses d'excellence (master, doctorants et post-doctorants)	860 k€
Programme Ecoles (terrains et thématiques, prof invités)	150 k€
Mobilité entrante Master / accueil Prof. invités	48 k€
Mobilité sortante	69 k€
Bureau Insertion professionnelle, Alumni, développement personnel, stages	40 k€
Innovation pédagogique (mentoring, SPOC, MOOC, TICE, stages, UE, frais généraux...)	70 k€
Support logistique (modélisation, SIG, bases de données, plateformes...)	60 k€
Total	1 532 k€
Total avec frais de gestion 8%	1655 k€

L'outil principal de la mise en œuvre du projet consistera à lancer des Appels à Projets (AAP) annuels pour soutenir des actions de recherche, de formation et de valorisation. Les critères de sélection incluront l'excellence scientifique, l'interdisciplinarité, l'intersectorialité, les approches intégratives (interfaces air-terre-mer, ville-périphérie, etc...) les sites d'études prioritaires et l'adéquation aux axes majeurs de l'ITEM (figure 1) dont l'objectif commun est la **transition environnementale**.

Il s'agira de soutenir 3 projets de recherche par an, incluant obligatoirement des actions de formation et de valorisation. Chaque projet pourra recevoir 2 allocations de recherche (bourses Doctorale et/ou Post-doctorale) afin

¹ Afin que les allocations de recherche se terminent au plus tard en fin de 5^{ème} année, les thèses seront lancées les années 1 à 3 et les contrats post-doctoraux des années 1 à 4.

d'assurer l'interdisciplinarité et devra adresser au moins un des 9 sous-axes prioritaires (figure 1). Il semble important de rappeler que la sélection des 3 axes de recherche est le fruit d'une réflexion collective approfondie qui évite la juxtaposition des dynamiques des Labex et favorise l'interdisciplinarité et l'intersectorialité. Notre volonté est de co-construire les axes en associant les sciences physiques, chimiques, naturelles, de la santé, sociales et humaines, économiques, juridiques ... afin de créer une synergie de site.

Les projets sélectionnés permettront de travailler sur l'ensemble des 9 sous-axes lors des 3 premières années. Une évaluation des avancées des travaux en fin de 3^{ème} année permettra de définir les priorités pour les deux dernières années.

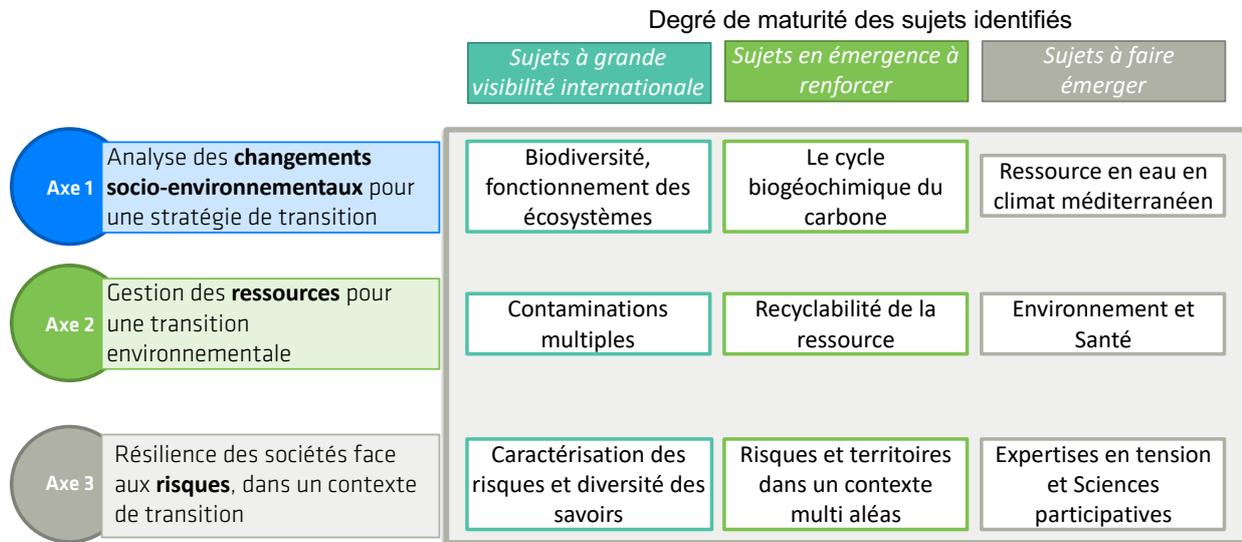


Figure 1 : liste des 3 axes et des 9 sujets prioritaires d'ITEM.

Les AAP porteront aussi sur les actions spécifiques de formation (écoles de terrain, d'été), les actions d'innovation pédagogique, les 'allocations' de bourse de master, les gratifications de stage ainsi que les mobilités entrantes et sortantes comme détaillées dans la figure 2 (et en annexe).

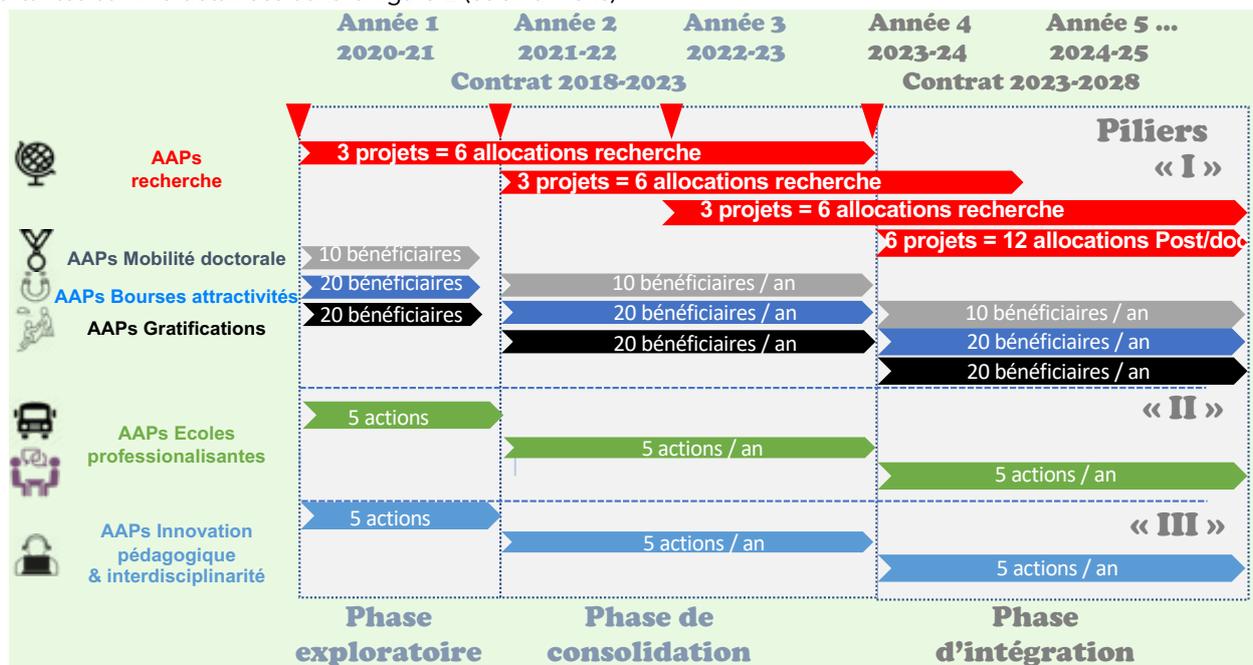


Figure 2 : mise en œuvre des AAP d'ITEM

Une refonte, au moins partielle, de l'offre de formation AMU dans le domaine de l'environnement institutionnaliserait à l'échéance du prochain contrat quinquennal des profils de diplômés à même de répondre aux défis complexes de la **transition environnementale**.

2. Renforcer la valorisation des thématiques qui différencient le site, ainsi que leur soutenabilité, durabilité

REPONSE :

Le périmètre des trois axes a été défini en combinant les axes pour lesquels les partenaires possèdent une visibilité internationale et des sujets qu'un Institut d'AMU sur la transition environnementale se doit d'aborder.

Cette visibilité peut se traduire par quelques éléments bibliométriques et le rôle moteur des partenaires dans la mise en place de réseaux nationaux et internationaux. Par exemple, sur la période 2011-2018 AMU occupe la 6^{ème} place après les institutions nationales (CSIC (ES), CNRS & IRD, l'Université de Barcelone (ES)) (Source WoS) en utilisant les mots clés « **Environnement et Méditerranée** » et se positionne donc **première** au niveau des **universités françaises**. En ce qui concerne «Nano et Environnement», les partenaires d'AMU ont publié plus de 160 articles depuis 2007, avec 10 articles « hautement cités » (8 cités > 200 fois cumulant 2954 citations). Le consortium publie dans les meilleures revues internationales avec 75 « Hot papers » et 59 articles dans Nature et Science sur cette période.

Ces quelques indicateurs montrent qu'ITEM se démarque au niveau national et fait partie des structures visibles et reconnues en France.

Il existe de nombreux laboratoires et observatoires des Sciences de l'Univers Français très visibles qui traitent de questions d'environnement, de transition écologique, de transition énergétique (LSCE (climat), IPGP, GET, OSUs (Paris, Toulouse, Grenoble, ...)). Mais très peu abordent la question globale, ambitieuse et par essence intersectorielle de la **transition environnementale**, avec un lien recherche-formation aussi intégré et ambitieux. Seul le nouvel Institut de la transition environnementale Sorbonne Université (SU-ITE) serait comparable à ITEM, sans spécifiquement adresser le domaine méditerranéen et sans une structure telle que les instituts d'établissement d'AMU (financement non encore assuré).

ITEM soutiendra, grâce aux 3 axes prioritaires définis, les thèmes qui différencient le site autour des mots-clés de la **Méditerranée** et de la **transition environnementale**. Les 3 axes prennent en compte plusieurs questions majeures de la « *feuille de route universelle sur le développement durable* » (COP 21), à savoir le **climat, la biodiversité, les ressources (eau en particulier), et les risques naturels et industriels**.

3. *L'institut doit intégrer l'ensemble des "outils" dédiés au thème environnement et doit décrire ses relations avec les autres potentiels instituts d'établissement, notamment les projets portant sur la "Méditerranée"*

REPOSE :

Comme cela fut indiqué précédemment, ITEM s'inscrira dans un écosystème régional très riche autour du thème de l'Environnement. Le consortium associant sciences physiques, chimiques, naturelles, de la santé, humaines et sociales, économiques, juridiques possède une histoire commune déjà ancienne puisqu'une grande partie des unités appartiennent à la fédération de recherche ECCOREV (FR 3098) créée en 2005 et prolongeant la structuration démarrée en 2001 par l'IFR PMSE. Cette fédération de recherche a d'ailleurs participé à la mise en place du premier Observatoire Hommes-Milieux (Bassin Minier de Provence, financement CNRS-INEE), puis des Labex OT-Med, SERENADE et DRIIHM.

ITEM, l'Institut ARKAIA, l'Institut des sociétés en mutation porté par S. Mazzella, ainsi que le Labex DRIIHM (prolongation confirmée de 5 ans) partagent des sites d'études d'intérêts communs. Suite aux nombreux échanges avec la direction de la **FR ECCOREV**, celle-ci pourra devenir un lieu et un outil de choix pour la réflexion prospective et pourra servir d'**incubateur** pour le co-financement de projets innovants inter-instituts. Il s'agira de lancer un AAP annuel pour des projets en rupture conceptuelle et surtout inter-instituts. Il permettra d'associer des acteurs avec des missions complémentaires et de construire un écosystème efficace, en zone méditerranéenne avec une vocation clairement inter-sectorielle.

Outre le lien avec la FR ECCOREV, ITEM a noué des **liens privilégiés** avec l'Institut **ARKAIA**, l'Institut des **sociétés en mutation**, l'Institut des sciences de la **fusion** et l'instrumentation en environnement nucléaire et l'Institut **d'imagerie pour la biologie et la médecine** de Marseille. Les nombreuses discussions entre les porteurs des projets permettent de converger sur un point central à savoir la mutualisation des moyens techniques, humains et financiers. Afin de faciliter ces démarches communes, les porteurs des Instituts proposent que chacun des instituts intègre dans sa gouvernance un représentant des autres instituts.

Les Instituts possèdent des plateformes techniques et de caractérisation qu'il conviendra de mutualiser. Dans de nombreux cas les plateformes ont été labellisées « **PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES AIX-MARSEILLE** » ce qui garantit une ouverture à toutes les unités, une politique de tarification et des modalités de mise en œuvre harmonisées. Les Instituts renforceront le niveau d'information afin de **promouvoir** en interne l'ensemble des moyens accessibles aux équipes. Il existe des outils, plateformes, bases de données, qui ne bénéficient pas de ce Label et qu'il conviendra d'inclure dans les actions de promotion. De plus les Instituts identifieront des besoins communs auxquels ils répondront via des actions collectives comme des demandes de financement (Région, CNRS, INSERM, FEDER, ...), des formations et le développement de moyens techniques communs.

Au niveau Recherche et Formation, outre les AAP « incubateur » en lien avec la FR ECCOREV, les Instituts s'accordent sur la volonté d'engager des **actions communes** principalement via les **AAP annuels**. Pour la formation, la création de modules communs au niveau des écoles doctorales semble réalisable à court terme puis, dans un deuxième temps ces nouveaux modules pourront se décliner au niveau des masters.

4. *Répondre aux remarques pour chaque thème (recherche, formation...)*

Détaillé ci-après

Formation :

Justification de la notation

1. Un potentiel et socle de formation "disciplinaire" important de l'OSU
2. Peu de description de l'offre de formation en SHS en relation avec le projet de l'institut.

Modifications et amendements nécessaires.

1. Un travail de cohérence doit être mené entre les thématiques majeures et l'offre de formation de la graduate school.
2. Mieux valoriser les actions précédentes des 2 Labex et des projets financés par l'Idex.
3. Intégrer les SHS en formation.

Réponse pour la formation :

1. Un travail de cohérence doit être mené entre les thématiques majeures et l'offre de formation de la graduate school.

ITEM développera un programme ambitieux de formation orienté vers l'international et en lien direct avec la recherche. Il couvrira les disciplines sciences physiques, chimiques, naturelles, de la santé, humaines, économiques, juridiques et sociales. En effet la formation d'ITEM repose sur 4 écoles doctorales (Sciences de l'Environnement ED 251, Sciences économiques et de gestion ED372, Espaces Cultures Sociétés ED355, Sciences juridiques et politiques ED67) et 7 composantes : OSU PYTHEAS, Faculté Arts Lettres, Langues et Sciences humaines (ALLSH), Faculté de Médecine, IMPGT, MMSH, Faculté de Droit et de sciences Politiques, Faculté des sciences.

La cohérence entre l'identification des 3 axes de recherche prioritaires (figure 1) et les offres de formations actuelles (maquette 2018) et futures s'est construite suite à des ateliers de travail durant la phase de rédaction du projet ITEM. Le tableau suivant met en lumière ce travail de cohérence pour les formations actuelles et permet de souligner les besoins à couvrir lors de la refonte partielle de l'offre de formation AMU en environnement, en synergie avec l'institut Arkaia, et l'Institut des Sociétés en mutation.

Matrice d'affinités entre formations et axes thématiques

Légende : central dans certains enseignements (+), pour au moins un parcours (++) ou pour l'ensemble de la mention (+++);

Composante	Diplôme	Intitulé mention ou parcours	1) Analyse des changements environnementaux	2) Gestion des ressources	3) Résilience des sociétés face aux risques
Collège doctoral	Ecole Doctorale	Sciences de l'environnement	(+++)	(+++)	(+++)
OSU Pythéas	Master	Biodiversité, écologie et évolution	(+++)	(+++)	(++)
IMPGT	Master	Management public - parcours Management, qualité et gestion des risques sociétaux	(++)	(+++)	(+++)
OSU Pythéas	Master	Gestion de l'environnement*	(+++)	(+++)	(+)
OSU Pythéas	Master	Sciences de la Mer	(+++)	(+++)	(+)
OSU Pythéas	Master	Sciences de la Terre, planètes, environnement	(+++)	(+++)	(+)
IMPGT	Master	Management public - parcours Développement durable et gouvernance territoriale de projets en Méditerranée et à l'international	(+)	(++)	(++)
Médecine	Master	Biologie et santé - parcours santé et environnement	(+)	(+)	(+)
ALLSH	Master	Géographie, aménagement, environnement et développement	(+)	(+)	(+)
Droit	Master	Droit international et droit européen - parcours Droit de l'environnement		(+)	(+)
ALLSH	Master	Psychologie- parcours Psychologie sociale de la santé			(+)
ALLSH	Master	Sociologie des mutations contemporaines			(+)

ALLSH	Master	Histoire, civilisations, patrimoine, monde moderne et contemporain			(+)
Collège doctoral	Ecole Doctorale	Sciences économiques et de gestion		(+)	(+)
Collège doctoral	Ecole Doctorale	Espaces Cultures Sociétés	(+)	(+)	(+)
Collège doctoral	Ecole Doctorale	Sciences juridiques et politiques			(+)

(*) incluant le parcours de mention délocalisés à Tunis à compter de sept 2019 dans le cadre de l'Université franco-tunisienne pour l'Afrique et la Méditerranée (UFTAM).

2. Mieux valoriser les actions précédentes des 2 Labex et des projets financés par l'Idex.

Les 13 dispositifs d'accompagnement des étudiants proposés dans le cadre de l'Institut, regroupés en 3 piliers ("Attirer les meilleurs talents", "professionnaliser les formations" et "co-construire l'interdisciplinarité"), bénéficieront de l'expérience accumulée à l'occasion de deux projets de niveau "master" labellisés « Académie d'Excellence » successivement financés par AMIDEX. En effet, le projet MedNet (2013-2019) avait jeté les bases d'un renforcement de l'attractivité des formations (aides à la mobilité), de la mise en situation des étudiants de Master (écoles dites de "terrain" délocalisées sur une semaine). Le projet INDICES (2018-2020) préfigure l'internationalisation des formations au travers du développement de "online classes" où les étudiants AMU et internationaux échangent et construisent leurs connaissances et compétences. Il convient de rappeler que les deux Labex ont donné une impulsion à l'employabilité des doctorants et post-doctorants. Par exemple, sur un total de 24 doctorants et 29 post-doctorants financés directement ou indirectement, le Labex SERENADE a atteint une excellente employabilité de 85% pour les doctorants et 91% pour les post-doctorants, dont plus de 55% en CDI. Pour le Labex OT-Med, sur 28 post-docs, 16 ont trouvé un autre CDD et 5 ont maintenant un poste de chercheur pérenne, et sur 20 thésards, 6 ont maintenant un emploi stable.

3. Intégrer les SHS en formation.

Le périmètre du futur Institut comprend un ensemble de formations AMU liées à la transition environnementale et une variété de composantes AMU (cf tableau ci-dessus).

Plutôt qu'une "intégration", nous proposons une co-construction de l'interdisciplinarité avec l'ambition de faire partager des problématiques sous différents angles ou points de vue dans les formations impliquées.

Le pilier 3 "co-construire l'interdisciplinarité" propose trois dispositifs répondant à ces préoccupations :

- Les formations interdisciplinaires transverses où des équipes interdisciplinaires d'experts partagent leurs appréciations d'une problématique environnementale locale.
- Les incubateurs de projets interdisciplinaires, lieux d'échanges entre étudiants de diverses disciplines ingénierie/SHS/santé pour des projets communs.
- Les actions de formation tout au long de la vie ciblant les professionnels de l'Environnement (dont nos anciens étudiants) souhaitant compléter ou actualiser leurs connaissances

Notre texte précise qu'un tel processus pourrait aboutir à une refonte au moins partielle de l'offre de formation AMU en Environnement qui institutionnaliserait à échéance du contrat quinquennal des profils de diplômés à même de répondre aux défis complexes de la **transition environnementale**.

Recherche :

Justification de la notation

1. Un consortium d'unités de recherche exhaustif, complémentaire d'excellent niveau
2. Des thématiques de niveau international
3. Les SHS sont peu présentes alors que ce devrait être une force et une singularité de l'institut et du site
4. De nombreux succès aux AAPs.

Modifications et amendements nécessaires.

1. Identifier les thématiques majeures
2. Préciser la répartition des Enseignant-chercheurs/chercheurs par thématique majeure.
3. Intégrer dès à présent les SHS dans le projet

Réponse pour la recherche :

1. Identifier les thématiques majeures

Les 3 axes prioritaires identifiés sont issus de plusieurs ateliers de travail mis en place durant la phase de rédaction du projet ITEM. Il s'agissait d'organiser la réflexion autour de deux priorités : identifier les sujets pour lesquels chaque secteur pouvait revendiquer une visibilité internationale et faire converger ces sujets autour d'un nombre limité d'axes prioritaires, co-construits avec l'ensemble des domaines de compétences (sciences

physiques, chimiques, naturelles, de la santé, humaines et sociales, juridiques). Cette co-construction a abouti à la définition de 3 axes et permettra de créer une synergie de site clairement intersectorielle.

Les trois axes : 1) **Analyse des changements environnementaux pour une stratégie de transition** 2) **Gestion des ressources pour une transition environnementale** 3) **Résilience des sociétés face aux risques dans un contexte de transition**, prennent en compte plusieurs questions majeures de la « feuille de route universelle sur le développement durable » (COP 21), comme le climat, la biodiversité, les ressources (eau en particulier), et les risques naturels et industriels. Une rapide analyse, non-exhaustive, de la presse scientifique de ces dernières semaines prouve la pertinence de nos choix. Comme visualisé sur la figure 1, neuf sous-thèmes prioritaires, de maturité variable seront soutenus par des AAP annuels.

Il s'agira tout d'abord de maintenir la visibilité internationale acquise depuis plusieurs années par les partenaires. Le consortium a identifié un sujet pour chacun des axes (cf. figure 1). Ces sujets concernent la **biodiversité, les contaminations multiples et la caractérisation des risques**.

Trois autres sujets (un par axe) ont été identifiés comme émergeant depuis quelques années aux niveaux national et international : le **cycle biogéochimique du carbone** comme élément clé des changements climatiques et environnementaux, la **recyclabilité de la ressource** en eau, sol et matière minérale, et les **risques et territoires dans un contexte multi aléas**. Compte tenu de l'importance scientifique et sociétale de ces sujets, ITEM doit renforcer son positionnement international

Enfin ITEM fera émerger des sujets qui sont aujourd'hui peu ou pas développés comme par exemple, la **ressource en eau en climat méditerranéen** et zones arides, les inter-relations "Environnement et Santé" ou encore les questions relatives au développement des **sciences participatives et de la notion d'expertise** qui rapprochent la recherche du citoyen et qui revêtent donc une grande importance sociétale.

2. Préciser la répartition des Enseignant-chercheurs/chercheurs par thématique majeure.

La figure suivante présente la répartition des forces de chaque laboratoire dans les différents sous-axes. Il apparaît clairement que les sous-axes et les axes sont irrigués par l'ensemble des laboratoires du consortium. Ceci traduit la construction collégiale d'ITEM en considérant l'intersectorialité comme critère majeur de définition des sujets de recherche.

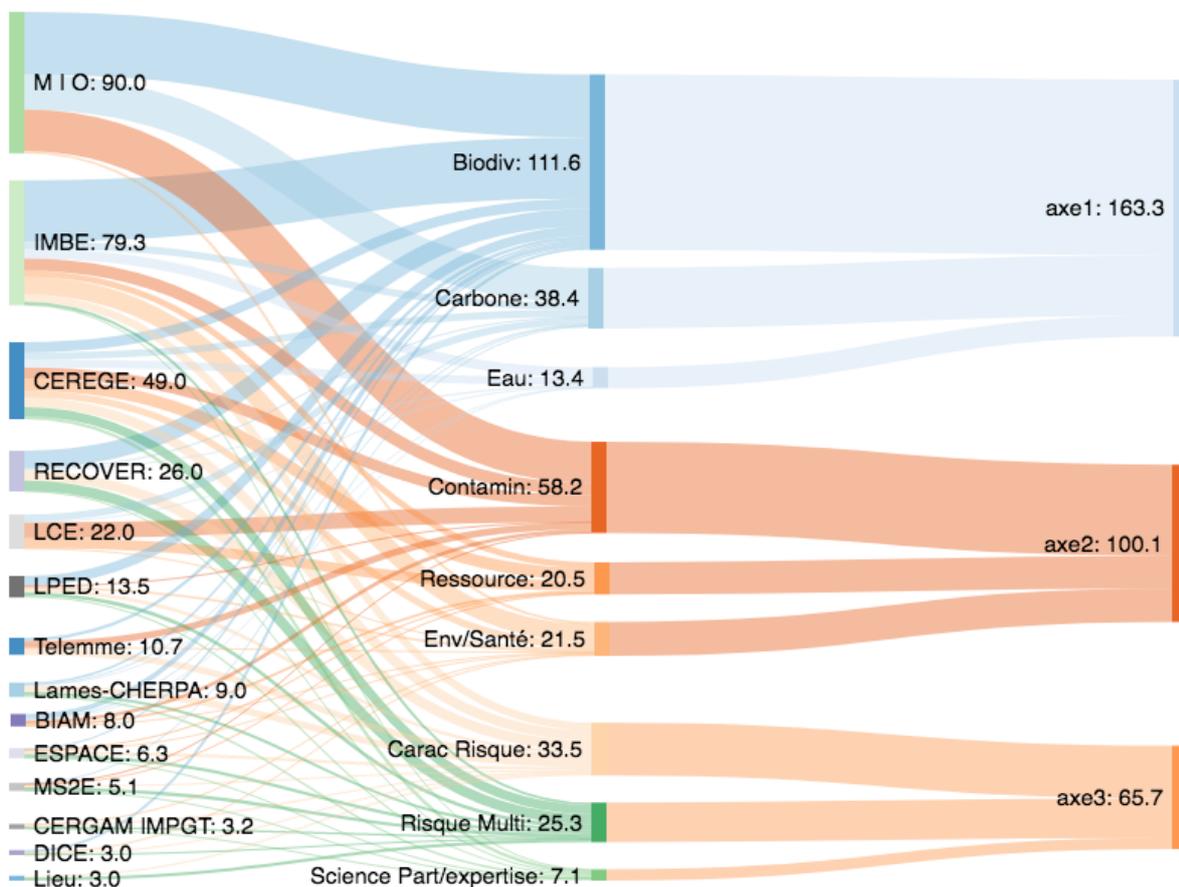


Figure 3 : périmètre des différents axes par rapport au consortium mis en place

3. Intégrer dès à présent les SHS dans le projet

Au sein d'ITEM, l'association des sciences et des SHS a été pensée comme une co-construction de projets intersectoriels. Les intentions et les démarches interdisciplinaires seront au cœur des critères d'évaluation et de

sélection des projets. Cela nécessitera de proposer des projets de recherche associant des allocations appariées de thèses / post-docs des secteurs SHS et non-SHS pour chaque projet (comme indiqué en page 1) et de soutenir des sites d'étude communs.

Il convient aussi de rappeler que sur les 14 unités partenaires d'ITEM, 7 font partie du secteur des SHS.

Innovation

Justification de la notation

1. Un potentiel d'innovation notable en Sciences et société
2. trois axes revendiqués : grands publics, décideurs/gestionnaires, monde économique.

Modifications et amendements nécessaires.

1. Construire les relations avec les autres instituts et partager une stratégie en termes d'équipements, de plateformes et ainsi que les aspects transfert et valorisation...notamment en SHS

Réponse pour l'innovation :

1. Construire les relations avec les autres instituts et partager une stratégie en termes d'équipements, de plateformes et ainsi que les aspects transfert et valorisation...notamment en SHS

Comme indiqué précédemment, ITEM s'est longuement entretenu avec plusieurs porteurs d'Instituts afin d'identifier les centres d'intérêt communs et de définir les modalités de mise en œuvre. Le premier point à rappeler concerne la volonté de tous les porteurs d'Institut de définir le mieux possible les actions et priorités au sein de chaque Institut. Il s'agit d'éviter au maximum les redondances. Ensuite, nous sommes convenus avec les porteurs des Instituts ARKAIA, de l'Institut des Sociétés en mutation, de l'Institut des sciences de la fusion et l'instrumentation en environnement nucléaire et l'Institut d'imagerie pour la biologie et la médecine de Marseille, de lancer des actions de recherche, de formation, de développement de moyens techniques communs. Comme indiqué précédemment, les actions innovantes et/ou en rupture avec les pratiques seront développées dans le cadre d'AAPs annuels co-financés par les Instituts et la **FR ECCOREV** qui deviendra un véritable « **incubateur, laboratoire d'idées** ». Cela concernera à minima ITEM, l'institut ARKAIA et l'institut des Sociétés en mutation, dont les équipes sont déjà membres de cette fédération de recherche. Ensuite il s'agira dans le cadre de sujets précis et d'intérêt communs de cofinancer des AAP inter-Instituts.

Liens et actions avec l'Institut ARKAIA

Les thématiques d'ARKAIA en lien avec ITEM sont essentiellement représentées par l'axe 1 d'ARKAIA (Espaces méditerranéens : des milieux aux territoires ; cultures de la mer et anthropisation du milieu). Les questions méditerranéennes sont évidemment très présentes dans les deux instituts. La ressource en eau, les environnements littoraux et les relations hommes/milieux sont des thématiques communes. Les paléosciences sont un point fort de l'ITEM, mais la finalité des études est moins la connaissance du passé pour lui-même qu'une meilleure compréhension des changements climatiques et environnementaux à long terme. ITEM privilégie les connexions entre les paléosciences et les sciences actualistes (écologie, climatologie, hydrologie ...). En outre, les deux instituts partagent également plusieurs plateformes : European Pollen Database, dendrochronologie, sédimentologie, équipement pour isotopes stables et cosmogéniques. Ils sont complémentaires et il est très souhaitable qu'ils développent des projets communs via des AAPs co-financés.

Liens et actions avec l'Institut Sociétés en mutation

Les sujets d'intérêt commun entre ITEM et cet Institut concernent principalement ses deux axes «Processus socio-économiques, politiques et juridiques, transitions démographique et énergétique » Et « Dynamiques et recompositions territoriales». Certaines questions de l'Institut des Sociétés en mutation, portent sur des mutations sociétales au regard de l'impact environnemental et sanitaire, qui aboutissent à l'adoption et à la légitimation de choix énergétiques, économiques par les politiques publiques et à des actions publiques en faveur de la préservation de l'environnement dans les pays méditerranéens. Ces approches et ces sujets spécifiques seront très complémentaires des axes développés par ITEM.

Les deux Instituts pourront aussi bénéficier réciproquement des plateformes (Imagerie, Drones, pour ITEM) et des plateformes / bases de données pour l'Institut des Sociétés en mutation (DEMOMED, CARTOMUNDI, ...).

Liens et actions avec l'Institut des sciences de la fusion et l'instrumentation en environnement nucléaire

Le développement d'une nouvelle filière électronucléaire basée sur la fusion, et la gestion et les évolutions de la filière fission, objectifs principaux de l'Institut des sciences nucléaires et de la fusion, devront intégrer des aspects environnementaux. Par exemple, la gestion des déchets de démantèlement des centrales de fission, la génération de poussières tritiées dans le cas de la fusion représentent des sujets d'intérêt commun. Les liens existent déjà entre les deux consortiums puisqu'un projet Interdisciplinaire A*Midex (PASSIV-ITER) financé il y

a 4 ans a débouché sur un projet Européen TRANSAT intégrant des partenaires des deux instituts. Des actions communes en termes de formation et de recherche pourront être lancées.

Liens et actions avec l'Institut d'imagerie pour la biologie et la médecine de Marseille

Les liens entre ces deux instituts portent principalement sur des actions de développements méthodologiques. En effet, ITEM possède une plateforme d'Imagerie 3D parfaitement adaptée aux échantillons biologiques et pourrait ainsi proposer des outils complémentaires aux partenaires de l'Institut d'Imagerie. En retour, les partenaires biologistes d'ITEM pourraient bénéficier de la dynamique unique de l'Institut d'Imagerie. En particulier, une synergie entre les deux instituts autour de l'axe transverse du traitement d'image sera soutenue.

International

Justification de la notation

- 1. De nombreux partenaires à l'échelle internationale à mieux cibler et identifier*
- 2. Une certaine attractivité qui doit être amplifiée*
- 3. Un benchmark performant*

Modifications et amendements nécessaires.

- 1. Définir une stratégie internationale en termes de partenariats.*
- 2. Mettre en place une politique RH d'attractivité (ERC...)*

Réponse pour l'international :

- 1. Définir une stratégie internationale en termes de partenariats.*

La stratégie internationale d'ITEM consistera à mettre en place un **partenariat international équilibré « NORD-SUD »** en sélectionnant un nombre de partenaires limité avec lesquels des collaborations efficaces existent depuis longtemps et des partenaires « cibles » dans la stratégie internationale d'AMU (Projet CIVIS, stratégie internationale AMU 2018-2022). Cet équilibre du réseau collaboratif nous semble indispensable pour développer les connaissances et le leadership dans la compréhension des enjeux de la transition environnementale et dans la capacité à fournir des solutions aux défis environnementaux en se concentrant sur les pays en développement. Divers instituts similaires à ITEM existent en région méditerranéenne et ailleurs. Nous avons déjà des relations privilégiées avec : le Cyprus Institute et son Energy, Environment and Water Research Center (EEWRC), The Institute of Environmental Science and Technology (ICTA-UAB) de l'Université Autonome de Barcelone, le Center for Climate and Life de l'Université Columbia de New York, et dans une moindre mesure the Resilience Centre de l'Université de Stockholm (membre de CIVIS). Lors de la Conférence finale du Labex OT-Med en octobre 2019, des représentants de ces instituts participeront à une table ronde sur la Transition Environnementale, ce qui nous permettra de mettre en place des collaborations plus formelles.

La stratégie d'ITEM consistera à renforcer ce réseau collaboratif qui compte déjà **plusieurs universités associées aux zones prioritaires** d'AMU : Univ. de Montréal, (Canada), le MIT, (USA), Univ. Cadi Ayyad, (Maroc) et l'Univ. de Sfax, (Tunisie) ainsi que les 7 Universités du projet CIVIS. En effet, ITEM sera fortement impliqué dans le développement du projet stratégique d'Université Européenne **CIVIS** en particulier dans le projet de développement du « College on Environment, Climate change & Energy ».

Les collaborations Nord-Américaines les plus efficaces en termes d'échanges et de mobilité seront renforcées avec le GEOTOP (CA), ainsi qu'avec les universités américaines Duke Univ., NC ; Virginia Tech, VA ; Carnegie Mellon Univ., PA ; Univ. Kentucky, KY, grâce au **GDR international iCEINT** devenu **l'IRP INOVE**². L'Unité mixte internationale MS2E (porteur du Labex ICOMe2 terminé en 2017) permet à ITEM de renforcer l'axe AMU-MIT (MA).

Au SUD, la stratégie d'ITEM se focalisera sur un nombre restreint d'actions de collaborations, en ciblant les thématiques abordées. En particulier les collaborations seront engagées autour des questions principales de ressources (sol, eau, minérales) et de mobilité. Dans ce cadre ITEM est déjà fortement engagé dans le projet UFTAM (Université franco-tunisienne pour l'Afrique et la Méditerranée), avec l'Université de Tunis El Manar et l'Université de Carthage autour de l'« Expertise économique des politiques et projets de développement », « Gestion de l'eau et de l'environnement », et « Sciences des données et nouveaux métiers du numérique ». Le lien avec la Tunisie bénéficie des LMI par exemple COSYS-MED (MIO).

Via des Laboratoires Mixtes Internationaux (financement IRD) existants ou en phase d'acceptation, des collaborations étroites existent et seront renforcées avec le Maroc et en particulier avec Mohammed VI Polytechnic University (UM6P), l'Université Mohamed V, l'Université Cadi Ayyad. En particulier un accord de collaboration entre AMU et UM6P sur la question cruciale d'une agriculture raisonnée et de son impact sur les ressources en eau, la qualité des sols et des aliments est en cours de signature.

² INOVE= Innovations for the Environmental sustainability (IRP = International Research Project (financé par le CNRS 2019+2023))

La stratégie internationale d'ITEM s'appuiera sur des actions de formations attractives sur le modèle de l'UFTAM, la formation Erasmus + ECO-MED (MIO), CIVIS, co-diplomation GEE avec l'Université Saint Esprit de Kaslik (USEK) du Liban, et les projets pédagogiques A*Midex/MedNet et INDICES qui promeuvent un réseau d'écoles pratiques environnementales sur le pourtour méditerranéen (Tunisie, Maroc, Italie) et au-delà (Minnesota, USA) qui préfigure l'internationalisation des formations.

Enfin la stratégie d'ITEM reposera sur un réseau crée par le LABEX OT-MED : le réseau MedECC (Mediterranean experts on Environmental and Climate Change). Il regroupe plus de 360 experts de plus de 26 pays Méditerranéens (Maroc, Chypre, Italie, Espagne, Grèce, Portugal, Liban etc), soutenu financièrement par l'Union pour la Méditerranée (UPM) et dont l'objectif est de publier un rapport d'évaluation des impacts des changements climatiques en région méditerranéenne vers la fin 2019.

Université / Partenaire / Statut	Pays	Domaine / Secteur	1) Analyse des changements environnementaux	2) Gestion des ressources	3) Résilience des sociétés face aux risques
Europe					
Université de Stockholm	Suède	Stockholm Resilience Centre/ Transition environnementale (CIVIS)	(+++)	(+++)	(+++)
Cyprus Institute	Chypre	Sciences de l'Environnement	(++)	(+++)	(+)
Universität Wien	Autriche	Sciences de la terre, géographie	(+)	(+++)	(++)
EAWAG	Suisse	Sciences de l'environnement	(++)	(+++)	(+)
Université Autonome de Barcelone	Espagne	The Institute of Environmental Science and Technology	(+++)	(+++)	(++)
University of Tübingen	Allemagne	Géosciences appliquées (CIVIS)	(+++)	(+++)	(+)
University of Athens	Grèce	Sciences de l'environnement et du climat (CIVIS)	(+++)	(++)	
Université libre de Bruxelles	Belgique	Transition Energétique, combustion (CIVIS)	(+)	(++)	(++)
Sapienza University of Roma	Italie	Agriculture raisonnée, (CIVIS)		(++)	
University of Bucharest	Roumanie	Sciences de l'environnement (CIVIS)	(++)		
Amérique du Nord					
GEOTOP	Canada	Géosciences	(+++)	(++)	(+)
Duke Université	USA	Sciences de l'environnement	(++)	(+++)	(++)
Columbia University	USA	Changements globaux	(+++)	(+++)	(++)
Virginia Tech	USA	Sciences de l'environnement	(+)	(+++)	(+)
Carnegie Mellon Univ	USA	Sciences de l'environnement	(+)	(+++)	(+)
Univ. Kentucky	USA	Sciences de l'environnement	(+)	(+++)	(+)
MIT	USA	Urban physic	(+)	(+++)	(+)
Afrique					
Univ de Tunis El Manar,	Tunisie	Sciences humaines et sociales et sciences pour l'ingénieur	(++)	(++)	(+)
Université de Carthage	Tunisie	Sciences humaines et sociales et sciences pour l'ingénieur	(++)	(++)	(+)
Mohammed VI Polytechnic University	Maroc	Sciences économiques et sociales, agronomie, géosciences, ressources minérales, eau	(++)	(++)	(++)

Université Mohamed V	Maroc	Géosciences	(+)	(++)	
Université Cadi Ayyad	Maroc	géosciences, ressources minérales, eau	(+)	(+++)	(+)
Holy Spirit University of Kaslik (USEK)	Liban	Sciences de la vie et de la terre	(++)	(++)	(+)

2. Mettre en place une politique RH d'attractivité (ERC...).

Pour être attractif, ITEM mettra en avant son identité « la transition environnementale », son ancrage Méditerranéen, sa valeur ajoutée (e.g. implications de chercheurs de classe mondiale, lieu de forte intersectorialité, accès à des plateformes analytiques uniques en Europe). Nos réseaux internationaux, tant sur la région méditerranéenne que par le biais de connexions européennes et nord-américaines, seront sollicités.

Via le pilier 1 de son programme de formation (Pilier 1 : Attirer les meilleurs talents), ITEM contribuera à l'attractivité des laboratoires d'AMU en soutenant la venue des scientifiques les plus talentueux juniors, seniors, doctorants et post-doctorants. La politique d'attractivité d'ITEM reposera sur un ensemble cohérent d'outils et d'actions en droite ligne et en complément des actions déjà engagées par AMU. En particulier ITEM s'inscrira dans la dynamique européenne HRS4R « HR Excellence in Research », qui a pour objectif d'améliorer les pratiques relatives au recrutement et au cadre d'exercice des « chercheurs » au sein des établissements européens de recherche.

ITEM financera le recrutement de doctorants pour 3 ans et de post-doctorants sur 1 an (renouvelable une fois) sur appels à projets annuels et en conformité avec les orientations scientifiques de l'institut. Les personnes recrutées seront incitées à participer activement aux initiatives de formation d'ITEM envers les étudiants de master. ITEM mettra en place des dispositifs de soutien financier pour attirer les meilleurs étudiants nationaux et internationaux, leur permettre de développer un projet de stage dans un laboratoire labellisé localement ou à l'étranger et inciter les doctorants à concourir à un doctorat européen.

L'institut fédérera la communauté d'étudiants, de diplômés juniors et seniors, d'intervenants extérieurs et d'experts via la création du bureau des carrières. Ce bureau portera une attention particulière aux étudiants internationaux et encouragera les carrières dans les pays du Sud.

Grâce à l'expertise de l'IMPGT (<https://impgt.univ-amu.fr/content/junior-conseil-limpgt-est-retour>) et fonctionnant sur le modèle d'un cabinet de conseil ou d'un bureau d'études, ITEM promouvra la création d'une Junior-entreprise de la transition environnementale en Méditerranée (Junior-TEM)

ITEM, en lien avec le club des ERC, le CERCLE du site d'Aix-Marseille, organisera la détection des profils capables de se lancer dans la compétition des ERC.

Comme indiqué dans le paragraphe précédent, la politique d'attractivité d'ITEM reposera fortement sur les actions de formation lancées à l'international. ITEM servira de levier pour développer des diplômes et formations internationales. Des actions comme l'UFTAM, la formation Erasmus + ECO-MED (MIO), CIVIS, la co-diplomation GEE avec l'USEK du Liban seront soutenues. ITEM soutiendra financièrement les dépôts de projets aux appels Européens (Marie Curie, Erasmus Mundus, ...) en lien avec l'office international d'AMU pour focaliser sur les partenaires et zones prioritaires identifiés dans la politique internationale d'AMU.

Lien avec le monde socio-économique

Justification de la notation

1. Il y a de nombreux partenaires industriels de renommées internationales
2. Préciser l'actualité de ces partenariats, leur apport et quels partenariats sont stratégique par rapport à l'institut
3. intensifier les partenariats avec le privé
4. Des plateformes technologiques de tout premier plan

Modifications et amendements nécessaires.

1. Valoriser et quantifier les apports des industriels
2. Développer le partenariat avec des acteurs locaux comme le Port, ainsi qu'à l'échelle méditerranéenne.

Réponse :

1. Valoriser et quantifier les apports des industriels

Les membres d'ITEM ont développé un partenariat industriel très dense qui se traduit de différentes manières. Il s'agit de contrats industriels correspondant à des prestations, des thèses financées par des contrats de bourse CIFFRE, et des projets en partenariat, pour lesquels les fonds sont recherchés en commun. Enfin, l'événement le plus marquant concerne la création de la chaire Carb3e «Carbonate geosciences: Energy, Environnement, Education » pour une durée de 36 mois entre la société Total et le CEREGE. Le tableau suivant rappelle les budgets correspondants aux partenariats industriels (et collectivités territoriales) sur la période **2016-début 2019**. Le montant s'élève à 8,6 M€ pour les contrats industriels et à 2.3 M€ pour les contrats en

partenariat et donc un **total de près de 11 M€**. Un grand nombre de ces financements continueront dans les 3 années à venir.

<i>Période 2016-début-2019 (en €)</i>	<i>Contrats industriels, bourses CIFRE</i>	<i>Partenariat industriel (FUI, ANR PRCE, ...)</i>
CEREGE	3 553 574	425 058
LAMES		80 000
LEMIRE-BIAM		806 000
CERGAM	867 200	
LCE	924 723	1 038 768
RECOVER	943 000	
MIO-ESPACE	130 000	
MIO	1 300 000	
IMBE	900 000	
Total	8 618 497 €	2 349 826 €
		TOTAL = 10 968 322 €

Les industriels tels que Total, IPSEN, ANDRA, Veolia, Suez, SCP, EDF, Limagrain, NR (Compagnie Nationale du Rhône), et les collectivités territoriales représentent les partenaires avec qui les liens les plus étroits ont été tissés. Ils serviront de base au renforcement des partenariats industriels d'ITEM. En particulier une nouvelle chaire est en discussion et un projet IA H2020 (ALMAe) est en construction. Ils concernent tous deux l'économie circulaire.

Dans cette dynamique, ITEM renforcera certains partenariats considérés comme stratégiques avec certains industriels mais aussi des agences et associations en charge de la gestion de l'environnement telles que l'ADEME, AtmoSud (Association Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air), l'Agence de l'eau... Ce partenariat bénéficiera aux deux parties en maintenant ITEM au cœur des préoccupations de terrains et en permettant d'expérimenter nos hypothèses sur des écosystèmes réels tout en proposant aux gestionnaires les meilleures techniques disponibles.

2. Développer le partenariat avec des acteurs locaux comme le Port, ainsi qu'à l'échelle méditerranéenne.

Les partenaires d'ITEM s'inscrivent déjà dans de nombreuses actions auprès d'acteurs locaux. En particulier l'IMBE, le MIO, le LCE, TELEMME et ESPACE sont engagés dans des projets de grande envergure sur le littoral. Par exemple, concernant les activités portuaires, le projet SCIPPER (H2020) impliquant le LCE, le GPMM et Atmos aura pour cible l'impact des activités du port de Marseille sur la qualité de l'air. De son côté, ESPACE commence à investir la question de l'insertion environnementale et sociale de la croisière (projet du Labex DRIIHM). De plus TELEMME participe au projet SMART-Port porté par le GPMM visant à promouvoir l'économie circulaire, le remplacement du fioul par l'électricité dans les postes à quai etc. Depuis plusieurs années, via l'OHM Littoral méditerranéen, ESPACE collabore activement avec la Direction de la Mer de la Ville de Marseille sur les pratiques sociales et la qualité environnementale des plages urbaines de la ville (collaboration étendue plus récemment au CEREGE et au LCE).

Les actions avec le port Euro- Méditerranée portent aussi sur la formation, en particulier via le DESUi « Activités Maritimes et Portuaires » qui vise à offrir à l'ensemble des cadres les clés de l'analyse de l'ensemble des problématiques contemporaines des secteurs maritime et portuaire (TELEMME). Plus généralement, plusieurs partenaires d'ITEM sont en étroite collaboration avec le Parc national des Calanques, tant au niveau de sa gouvernance (participation active au Conseil scientifique) qu'à celui des initiatives de recherches qui se développent sur le territoire du parc.

Le partenariat d'ITEM avec les acteurs locaux et notamment le port de Marseille, sera développé, de manière intégrée et concertée dans le cadre du contrat de Baie. Par exemple, la Métropole Aix-Marseille-Provence et la Ville de Marseille ont associé leurs efforts pour créer et piloter le Contrat de Baie sur l'ensemble du bassin versant et le domaine maritime des communes de Martigues à l'Est et à la ville de St Cyr sur Mer à l'Ouest. L'extension du périmètre du Contrat aux communes du golfe de Fos s/Mer sera votée d'ici la fin de l'année 2019 incluant le port. ITEM (via le MIO, ESPACE et le LCE) s'engagera dans cette dynamique. Le lien avec les activités portuaires d'ITEM, bénéficiera de l'important réseau de partenaires drainé par la chaire *Attractivité et Nouveau Marketing Territorial de l'IMPGT*.

Au niveau Méditerranéen, un accord cadre de grande ampleur entre AMU et l'Office chérifien des phosphates (via UM6P : Mohammed VI Polytechnic University) est en cours de signature, pour une durée de 5 ans et un budget probable de 3 M€. Il s'agira dans le cadre des axes 1 et 2 d'ITEM, de lancer des projets de recherche financés par l'OCP autour de deux thèmes : 1) approche géochimique du cycle de vie des engrais phosphatés: des minerais aux plantes 2) durabilité et efficacité de l'irrigation dans les régions arides et semi-arides.

ANNEXES

Actions à l'international engagées par le consortium

- Le projet pédagogique A*Midex/MedNet qui promeut un réseau d'écoles pratiques environnementales sur le pourtour méditerranéen (Tunisie, Maroc, Italie),
- le nouveau Campus transnational Nord-Méditerranéen avec qui un projet H2020 PRIMA sur la réutilisation des eaux a été soumis avec le CERTE (Tunisie), l'Université Mohamed VI (Maroc) et l'Université de Tripoli (Liban),
- le GDR international iCEINT qui permet des échanges vers plusieurs universités américaines (Duke University, NC ; Virginia TECH, VA ; Carnegie Mellon University, PA ; University of Kentucky, KY, Stanford University, CA). (projet de LIA pour faire suite au GDRi déposé au CNRS). Le GDRi viens de se transformer en IRP (International Research Project) INOVE avec Duke UNiv (2019-2024).
- le GDR international Urban Science and Engineering for quantitative Resilience and Sustainability USEqRS (projet déposé).
- le réseau MedECC (Mediterranean experts on Environmental and Climate Change) qui regroupe plus de 360 experts de plus de 26 pays Méditerranéens (Maroc, Chypre, Italie, Espagne, Grèce, Portugal, Liban etc), soutenu financièrement par l'Union pour la Méditerranée (UPM) et dont l'objectif est de publier un rapport d'évaluation des impacts des changements climatiques en région méditerranéenne vers la fin 2019
- le réseau FAULT2SHA international sur le risque sismique rattaché officiellement à la European Seismological Commission.
- Animation du comité technique digues de l'ICOLD (International commission on large dams).
- Vice-présidence de l'ARPEnv (Association pour la Recherche en Psychologie Environnementale).
- les laboratoires mixtes internationaux (LMI) de l'IRD : COSYS-Med, fondé par le MIO en Tunisie, MEDITER, fondé par le LPED au Maroc, DYCOFAC, dont le CEREGE est un membre actif.
- Contribution au programme Méditerranée de l'IMERA (Institut Méditerranéen d'Etudes Avancées) qui a permis d'inviter en résidence de 5 à 10 mois, une demi-douzaine de jeunes chercheurs et de chercheurs internationaux de haut niveau
- Organisation de conférences internationales : 8th International Conference on the Environmental Effect of Nanoparticles and Nanomaterials" 2013 ; 7th International Meeting dedicated to "Safer-by-design metallic nanoparticles", 2017; International Conference on Social Representations' 2016; Fault2SHA 2017; Organisation du premier workshop 'Urban physics', 2016; 8th International conference on swimming pool and spa mars 2019.
- Co-organisation et support à de grandes conférences scientifiques (FORESTFIRE 2016, International Conference on Ecological Sciences 2016, GeoMedislands 2015, Int Conference on Biodiversity and Food Security 2014, NanoSafe 2016/2018, Goldschmidt 2017, International Conference on the Environmental Effect of Nanoparticles and Nanomaterials 2018, etc)
- Participation (organisation de modules d'enseignement) aux Ecoles d'Eté (internationales) sur les Objectifs du Développement Durable AMU/IRD (2016, 2018)
- Organisation de "Ecole d'été " SaferNanoDesign " dans le cadre du programme ERASMUS MUNDUS BioHealth computing (Université Grenoble Alpes) et de European Scientific Institute (juin 2016, 2017, 2018)
- Organisation des « Ecole d'hiver de Marseille sur les matériaux poreux multi-échelles 2013 à 2018.

Fréquence des différents Appels d'offre

AAP Recherche		AAP Formation		Fréquence AAP	Nombre financements / lauréats
Bourses Post-Docs	 Bourses doctorales	AAP annuel	3 & 3 /an		
	 "Allocations"	AAP annuel	24/an		
	 Mobilité doctorale	AAP annuel	Max 10/an		
 Adopt a Master (gratification)		AAP annuel	100 mois		
	 Ecoles terrain	3 ans	4-5/an		
	 Ecoles d'été-thématiques	2 ans	4-5/an		
Mobilité sortante	 Invitation Prof.	AAP annuel	Max 10&10		
	Innovation pédagogique	AAP annuel	5/an		

Figure A1 : mise en œuvre des AAP d'ITEM

PROJET D'INSTITUT DE MÉCANIQUE ET D'INGÉNIERIE D'AIX-MARSEILLE

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

La mécanique au sens large est un domaine en pleine évolution. Longtemps focalisée sur l'étude des solides ou des fluides simples, la mécanique connaît aujourd'hui un fort renouveau abordant des milieux de plus en plus complexes grâce au développement de nouveaux outils de modélisation et simulation. Des domaines d'applications de plus en plus vastes sont concernés, couvrant toutes les échelles, s'étendant de la biologie, des sciences de la terre, aux procédés industriels. En ce sens, la mécanique est devenue une science pluridisciplinaire, ce qui nécessite de renouveler radicalement ses approches et ses concepts pour aborder les défis du futur. Aix-Marseille Université possède l'une des plus grandes concentrations françaises de chercheurs dans ce domaine, en majorité rassemblée sur un seul site (technopôle de Château Gombert), et couvrant un large spectre de compétences avec une forte reconnaissance internationale. Les forces en enseignement sont également présentes avec plusieurs masters universitaires et deux écoles d'ingénieurs (Centrale Marseille et Polytech Marseille). La création d'un institut est une réelle opportunité de concrétiser l'action conduite depuis plusieurs années pour fédérer cette communauté (fédération Fabri de Peiresc, labex Mécanique Et Complexité), et pour insuffler un réel élan pour la recherche et l'innovation. Un institut permettrait également de faire progresser les liens avec les formations et de consolider notre attractivité. L'institut de mécanique et d'ingénierie offrirait les conditions pour fortement amplifier la dynamique actuelle, et faire de Marseille un centre incontournable tant au niveau académique qu'industriel en mécanique, modélisation physique et ingénierie.

Les grands enjeux

Il est peu de domaines scientifiques ne nécessitant pas la description d'écoulements, de déformations, la modélisation de flux, de transferts, de propagation d'ondes... La mécanique en tant que domaine scientifique développe les outils et concepts permettant d'aborder ces questions et se retrouve donc impliquée dans de nombreux autres domaines scientifiques auxquels elle apporte son expertise, et qui en retour nourrissent le développement de nouveaux concepts et méthodologies.

Nous avons identifié 3 grands enjeux applicatifs en plein essor dans nos laboratoires et qui constitueront le socle des recherches du futur institut: l'industrie, les milieux naturels et les milieux vivants.

Éléments clés du site

4 Laboratoires : IRPHE, IUSTI, LMA, M2P2

200 chercheurs
150 doctorants
30 postdoc et chercheurs non permanents
50 ingénieurs, techniciens

Formations (diplômés / an) :

120 en masters à l'UFR Sciences
140 à Polytech Marseille
50 à l'ECM

L'industrie du futur

Le premier enjeu que nous souhaitons mettre en avant est la contribution de notre communauté au développement de l'innovation et des procédés industriels. De l'industrie du bâtiment à la micro-électronique, du nucléaire au développement de nouvelles éoliennes, de l'aéronautique aux transports terrestres, de la conception de nouveaux matériaux sur demande au développement d'instruments de musique, les challenges pour la communauté sont immenses. Les verrous sont principalement de deux natures: le multi-physique et le multi-échelle. Le multi-physique, car les procédés industriels couplent des problèmes de mécanique des fluides, de mécanique des solides, des réactions chimiques, des transferts de chaleur, des changements de phases, de l'électromagnétisme (par exemple quand des plasmas sont en jeu), des propagation d'ondes. Optimiser ou développer des nouveaux processus industriels nécessite de comprendre ces phénomènes, leur couplages et les dynamiques qui en résultent en les étudiant expérimentalement, théoriquement, numériquement souvent dans des configurations simplifiées.

Le multi-échelle est la seconde source de complexité. Les matériaux sont d'une part de plus en plus hétérogènes, composés de sous partie de tailles et propriétés très différentes, mais les installations industrielles nécessitent également l'em-

boitement de phénomènes se déroulant à toutes les échelles.

Apporter une compréhension physique, une description précise, des méthodes innovantes de caractérisation sont les enjeux que nous souhaitons relever au sein de l'institut en développant notamment fortement notre politique partenariat (voir chapitre sur les relations avec le monde socio-économique). Les domaines d'applications avec lesquels nous avons déjà établi de fortes collaborations sont l'aéronautique, le transport, l'énergie, les matériaux, l'environnement.

Les milieux naturels

Un second domaine en plein essor au sein de notre communauté concerne les milieux naturels, couvrant les problématiques d'environnement, de géophysique interne ou externe, d'astrophysique. Un premier enjeu concerne les questions sur la compréhension des dynamiques stellaires et planétaires : à grande échelle, la formation des systèmes planétaires et le fonctionnement des étoiles et des planètes peut s'assimiler à des écoulements sujets à des instabilités; à plus petite échelle on rencontre toutes les questions liées à la dynamique atmosphérique (météo), la dynamique marine et la propagation des ondes dans la croûte terrestre (sismicité) ou le milieu marin. Les questions environnementales sont également au cœur de nombreux projets: gestion des déchets, des boues, gestion des risques (incendie, avalanches, tsunami), les problèmes de mélange et transports de polluants, d'énergies renouvelables (éolien, solaire...), d'écoulements dans les villes...

Tous ces questions sur des systèmes souvent de grandes tailles peuvent être appréhendées d'une part par les outils de similitudes développés en mécanique et permettant de reproduire la dynamique dans des expériences de petites tailles pertinentes (par exemple dans le cas des écoulements internes des planètes), d'autre part par les outils de simulations puissants développés au sein de notre communauté. Ces projets sont développés en étroite collaboration avec des géophysiciens.

Les milieux vivants

Les organismes vivants se développent et évoluent en étant constamment soumis à des contraintes mécaniques. Jusqu'à très récemment, la biologie s'est intensément développée sur les aspects biochimiques et génétiques, délaissant souvent les couplages mécaniques. Introduire et comprendre le rôle de la mécanique dans la dynamique du vivant devient un enjeu majeur. A

l'échelle cellulaire, des mécanisme de mécano-sensitivité sont impliqués dans la croissance, la morphogenèse, l'apparition de mouvement spontané. A l'échelle des organes, dans les voie aériennes de la respiration des mammifères, dans la circulation sanguine, dans le transport d'eau et la croissance dans les plantes, la compréhension des écoulements, des déformations, des instabilités et des transferts sont nécessaires. Les mécanismes d'auditions, les études des stratégies de locomotions sont également un vaste champ d'études. Enfin le monde du vivant ouvre d'immenses défis de méthodes de caractérisation (imagerie ultra sonore, caractérisation des tissus et matériaux biologiques, développement de capteurs spécifiques...).

Dans toutes ces questions, de nombreux chercheurs du site travaillent en étroite collaboration avec des biologistes et médecins, apportant expertise en modélisation et/ou caractérisation. Ces projets de recherche vers le monde du vivant participeront sans nul doute à des avancées en biologie et en médecine, mais permettrons également le développement de nouveaux concepts en mécanique, et d'innovations en ingénierie, dans une démarche de biomimétisme.

Pour résumer, que ce soient pour aborder les enjeux que posent la compréhension des milieux vivants, des milieux naturels ou bien développer de nouveaux processus industriels, les méthodes d'investigation sont les mêmes et s'appuient sur des savoirs-faire et compétences modernes en mécanique, à savoir :

- les concepts génériques d'instabilités, d'ondes, d'homogénéisation, de transferts qui s'appliquent à tous les systèmes ;
- les connaissances en matière de couplages multi-échelles et multi-physiques (thermique, magnétique, etc.), qui existent de manière semblable dans tous les différents domaines ;
- les connaissances en matière de modélisation (mise à l'échelle, simulation numérique, paramétrisation).

Contour du projet

Nous proposons la création de l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie d'Aix-Marseille avec

- un contour recherche de la globalité des 4 unités IRPHE, IUSTI, LMA et M2P2, très majoritairement regroupés sur le site du technopôle de Château Gombert,

- un contour enseignement de 4 masters de l'UFR Sciences (Physique, Mécanique, Génie Mécanique, Génie des Procédés), des formations d'ingénieurs des départements Mécanique - Energétique et Génie Civil de Polytech Marseille, et des formations de Centrale Marseille, en particulier des options MECA et GREEN du cycle d'ingénieurs et l'école doctorale ED 353 ainsi que la partie Génie des Procédés de l'école doctorale ED 251.

Le projet d'institut a trois objectifs :

- amplifier la dynamique de mise en cohérence de la recherche des 4 laboratoires afin d'améliorer la capacité à mettre en commun des expertises sur des actions de recherche notamment autour des dynamiques complexes et des milieux hétérogènes qui constituent des axes forts et très visibles du site,
- renforcer le lien formation-recherche et proposer des formations reflétant la diversité de la recherche présente dans l'institut,
- renforcer le lien avec le monde socio-économique et avec l'international.

La dynamique du site

A partir de 2012, une dynamique de coordination et de mise en commun des compétences au sein des laboratoires s'est mise en place à partir de deux instruments :

- le labex MEC, obtenu en 2011, a développé la recherche au sein des 4 laboratoires autour de trois axes transversaux. Cela a permis d'accroître les recherches en collaborations. Le labex concernait initialement 30 % des chercheurs et il s'est progressivement étendu jusqu'à soutenir actuellement l'ensemble des recherches sur le périmètre des quatre laboratoires. Le labex a été un acteur déterminant des dernières années, ayant joué un effet de levier déterminant favorisant l'émergence de thématiques de recherche aujourd'hui fortement visibles (projets ERC, labcom, contrats industriels, maturation d'innovation),
- la fédération de recherche Fabri de Peiresc, créée en 2012, assure un rôle de coordination des politiques scientifiques, d'animation scientifique (afin d'inciter les interactions entre chercheurs des différents laboratoires de la fédération), d'action de visibilité vis-à-vis de l'industrie (journée St-Gobain Recherche Provence - fédération par exemple) et du grand public (actions de culture scientifique).

Spécificité du site

Un spectre très large de thématiques — S'il existe différents centres de haut niveau en mécanique en France (on peut citer Poitiers, Toulouse, Lyon, Paris, Metz, Bordeaux) l'ensemble formé par les laboratoires de l'Institut possède incontestablement le plus large spectre dans la discipline, depuis ses aspects les plus phénoménologiques et fondamentaux (systèmes complexes, ondes, physique de la matière molle, mathématiques appliquées) jusqu'à des applications directes à des problématiques industrielles (conception et calcul de structures composites, caractérisation sonore et ultrasonore, caractérisation mécanique et thermophysique de matériaux, simulations numériques pour l'énergie et le transport...).

Un spectre très large d'approches et de finalités — De manière concomitante à cette diversité thématique, une grande diversité méthodologique est présente, avec une complémentarité entre approches théoriques et expériences de laboratoires, grands moyens expérimentaux et compétences en simulations numériques. De plus dans certains axes forts, les études couvrent un spectre large depuis l'établissement de nouvelles lois jusqu'à des applications industrielles.

Un socle scientifique commun — Malgré cette richesse de thématiques et d'approches, il est important de rappeler que l'ensemble des acteurs de l'institut se retrouve autour d'une discipline, la mécanique, basée sur les outils de modélisation du comportement des milieux continus fluides et solides et des transferts. Ce langage commun et cette démarche de compréhension physique en vue d'une modélisation mathématique forge une vraie communauté que l'institut a vocation à développer.

Un pôle d'excellence reconnu

Le développement de la recherche en mécanique, énergétique, acoustique, génie des procédés à Marseille résulte d'une action continue depuis au moins le milieu du XXe siècle. Des thématiques fortes ont été développées à la fois au sein de la faculté des sciences et également au sein de l'unité propre du CNRS qui est devenue le LMA, autour des écoulements turbulents, de la combustion et des systèmes réactifs, de la thermique, de l'acoustique, de la mécanique des solides. Cette tradition d'excellence se perpétue et contribue à faire de Marseille un pôle très rayonnant en mécanique au niveau national et international. Si l'on se limite aux huit dernières années, les éléments témoignant de l'excellence scientifique du site sont nom-

breux : 1 membre de l'Académie des Sciences, 1 médaille de bronze du CNRS, 1 médaille d'argent du CNRS, 4 nominations à l'Institut Universitaire de France, 1 Fluid Mechanics Prize de l'European Mechanics Society, 1 médaille Ya. B. Zeldovich du Combustion Institute, 5 nominations comme fellows de l'American Physical Society et/ou de l'European Mechanics Society, 2 ERC Consolidator Grants, et le labex MEC attribué en 2011.

On compte actuellement 12 éditeurs de revues internationales parmi les plus renommées du domaine (Journal of Fluid Mechanics, Physical Review Fluids, Journal of Computational Physics, Journal of the Mechanics and Physics of Solids...). L'université d'Aix-Marseille se classe dans les 5 premières mondiales en nombre de publications dans le Journal of Fluid Mechanics sur les 5 dernières années.

Ecoulements et structures : dynamiques complexes

Décrire la mécanique des milieux naturels



Faire progresser les modèles sur les écoulements multiphasiques et améliorer les procédés



Etendre les champs d'applications des simulations numériques



Traiter des problèmes multiphysiques



Etudier la dynamique des structures complexes et leur rayonnement acoustique



Domaines de compétences

Traitement de l'eau et des déchets Fluides supercritiques Procédés membranaires Ecoulements réactifs Combustion et physique des feux Turbulence, Instabilités Aérodynamique Ecoulements tournants et stratifiés	Systèmes de séparation Micro-nanofluidique et interfaces Physique des transferts, thermique Turbulence dans les plasmas, MHD Milieux granulaires Fragmentation, mélange Interactions fluide/structure Génie mer et génie côtier	Audition et perception auditive Acoustique musicale Environnement et nuisances sonores Modélisation pour les ondes Acoustique Sous-Marine, Sismologie Ultrasons médicaux Couplages multiphysiques Contrôle non destructif Biomécanique Interfaces : contact, frottement Instabilités élastiques et grandes déformations Changements d'échelles et micromécanique Structures Composites stratifiés
--	--	--

✈️ Aérospatial et transport 🩺 Santé-biomédical 🌿 Environnement	💎 Matériaux 🔥 Risques naturels et industriels ☢️ Energie
--	--

Matériaux et milieux hétérogènes

Etudier les milieux granulaires et les fluides complexes 	Etudier les matériaux hétérogènes 	Etudier la propagation des ondes dans les milieux hétérogènes 	Etudier les structures souples en lien avec la biomécanique 
---	--	---	--

CONTOUR SCIENTIFIQUE

Pour s'attaquer aux enjeux de la discipline, nous proposons de développer des axes de recherche stratégiques autour de deux concepts :

- La dynamique complexe qui concerne l'ensemble des problématiques et/ou systèmes pour lesquels les équations de bases sont plutôt connues et établies, mais pour lesquels les difficultés résident dans les dynamiques complexes qui en résultent.
- les milieux hétérogènes, où la complexité réside dans le matériau lui-même et pour lesquels un enjeu majeur est de mesurer, et prédire leurs propriétés.

Ces deux thèmes aux contours nécessairement très larges sont identifiés comme des domaines dans lesquels le site a une visibilité internationale.

Dynamiques complexes : écoulements et structures

Il s'agit de développer des concepts, des méthodes et des diagnostics pour appréhender les dynamiques complexes qui apparaissent lors des mouvements des milieux fluides ou solides, et dans les transferts dont ils sont le siège, soit du fait de la nature instable et complexe des phénomènes soit du fait de couplages avec des effets extérieurs. Autour de cette thématique générale nous citons ci-dessous des thèmes sur lesquels se développe la recherche actuellement

- les **écoulements tournants** et/ou stratifiés avec ou sans champ magnétique, en lien avec les applications géophysiques et astrophysiques et les problématiques industrielles,
- les **écoulements multi-phasiques** avec le développement de modèles et méthodes numériques en lien avec l'industrie (écoulements sous conditions extrêmes, combustion, changement de phase), le **génie des procédés** avec un apport expérimental et des liens avec l'industrie importants, la fragmentation et le mélange depuis leurs aspects fondamentaux, jusqu'aux applications à l'énergétique et aux risques,
- l'extension du champ d'application des **simulations numériques** des écoulements complexes notamment à des simulations à l'échelle 1, à des problématiques d'écoulements urbains ou de biomécanique,
- les **problèmes multiphysiques** dans lesquels la mécanique est couplée à des transferts de masse, de chaleur, à des changements de

Eléments remarquables de l'axe dynamiques complexes

- 120 chercheurs impliqués
 - 1 ERC Consolidator Grant Fludyco sur les écoulements géophysiques et astrophysiques
 - 1 chaire industrielle ANR (ALBUMS avec Airbus, Safran et Renault) autour de la simulation numérique pour les écoulements
 - 1 labcom avec Buffet-Crampon et un partenariat avec Yamaha (acoustique musicale)
 - 2 plateformes labélisées AMU (simulations numériques et génie des procédés)
 - 1 Laboratoire International Associé (LIA ISTROF) avec BTU Cottbus sur les écoulements tournants
- Installations remarquables :
- en acoustique (chambres anéchoïques et semi-anéchoïque, studio ...),
 - en écoulements haute vitesse (soufflerie supersonique, tubes à chocs)
 - appareillages de génie des procédés
- Collaborations soutenues avec Airbus, le CEA ...
- Interactions avec les sciences de la terre, l'énergie (nucléaire, éolien), les sciences de la vie, de l'environnement.

phase, à de l'acoustique, à des forces électromagnétiques (magnétohydrodynamique, simulations numériques pour la fusion), **l'énergétique** en lien avec les grands défis sociétaux, et **les interactions fluide-structure**,

- La **dynamique des structures** et notamment l'influence des non-linéarités sur le comportement de systèmes complexes par exemple dans le contexte de **l'acoustique** (génération et perception du son, aéroacoustique ..) ou du déploiement de structures complexes.

Le développement conjoint de ces différents thèmes permet d'envisager des progrès importants dans notre capacité à appréhender et à résoudre des problèmes de dynamiques complexes pour s'attaquer aux enjeux précédemment cités. Par exemple pour effectuer des simulations numériques performantes du bruit généré par l'écoulement autour d'une voiture, il est important de maîtriser la physique des écoulements dans la couche limite, de comprendre la manière dont les parois éventuellement déformables interagissent avec

l'écoulement et d'étudier la manière dont le son se propage dans ces géométries complexes.

Ces recherches s'appuient sur un ensemble d'éléments remarquables tant du point de vue de la recherche fondamentale que du point de vue des partenariats et actions de valorisation. Les liens avec des partenaires sont nombreux avec les domaines de l'énergie (CEA, Total, EDF, Idéol), de l'aéronautique/spatial (Airbus, Safran, Ariane-group, CNES, ESA), des matériaux (Saint-Gobain, Solvay), de l'environnement (Véolia, SEM). L'expertise sur la modélisation des écoulements et des phénomènes vibratoires se traduit aussi par des interactions avec d'autres instituts ou éléments structurants du site : l'IC Centuri sur la modélisation des systèmes vivants, le nucléaire à la fois pour la simulation numérique et aussi pour l'instrumentation en milieu extrême, l'environnement.

Cet axe est bien représenté dans les formations d'ingénieurs ainsi que dans les masters mécanique et génie des procédés. La richesse des liens industriels rend les formations attractives pour les étudiants.

Matériaux et milieux hétérogènes

Il s'agit de développer des concepts, des méthodes et des diagnostics pour améliorer la compréhension de la physique et de la mécanique des milieux hétérogènes et d'en améliorer la modélisation, et la prédiction de leur propriétés. Cela implique aussi bien des milieux à comportement fluide (milieux granulaires) que des milieux solides fortement hétérogènes (milieux poreux, composites, matériaux dégradés...). Nous présentons ci-dessous quelques sujets emblématiques qui sont l'objet de recherches actuelles avec un fort rayonnement :

- les **milieux granulaires** et les suspensions avec un point de vue fondamental (lois de comportement, méthode de caractérisation) et par extension les **fluides complexes** que l'on retrouve dans nombreux procédés industriels.

- les **matériaux composites** là aussi avec des compétences en modélisation (homogénéisation) et avec des développements appliqués s'appuyant sur un ensemble d'équipements de prototypage et de contrôle, et par extension les matériaux hétérogènes dont les **milieux poreux**, dont la caractérisation géométrique, les propriétés de transport et de transfert demandent des concepts et outils nouveaux, pour des applications aussi variées que les échangeurs de chaleurs, les réacteurs, les os, les membranes,...

Eléments remarquables de l'axe matériaux et milieux hétérogènes

80 chercheurs impliqués

1 ERC Consolidator Grant Plantmove sur la biomécanique des plantes

1 labcom avec le CEA (matériaux et structures)

Installations remarquables :

- fabrication et contrôle de pièces composites (plateforme Inovsys),
- contrôle non destructif (NDT Valor),
- ensembles de plateformes pour la caractérisation thermophysique des matériaux,

- microtomographe X

Collaborations externes nombreuses avec Saint Gobain, Airbus, l'IRSN, le CEA ...

Interactions avec les sciences de la terre, le nucléaire, les sciences de la vie, de l'environnement.

- la **propagation des ondes dans les milieux complexes** dans des échelles et des environnements extrêmement variés (du réacteur nucléaire au biomédical) à des fins d'imagerie et de détection,

- les tissus mous et structures souples en liens avec la **biomécanique** à la fois dans une démarche clinique et une démarche de conception bio-inspirée.

Les éléments remarquables associés à cet axe sont présentés dans l'encart ci contre. Les installations de caractérisation des matériaux et milieux hétérogènes sont particulièrement présents. Ils sont l'objet de nombreuses collaborations industrielles.

Du point de vue des formations, on notera en particulier sur le volet matériaux composites (master génie mécanique) un lien très actif entre formation, recherche et valorisation, par la pédagogie innovante : apprentissage par projets et utilisation des plateformes (plateforme composites, fablab) lors des formations.

ACTIONS DE SOUTIEN A LA RECHERCHE

Les actions que nous souhaitons développer dans ce projet sont :

- amplifier les échanges et les projets collaboratifs au sein de la fédération et avec des acteurs externes ;
- identifier les projets émergents à fort potentiel et les soutenir — c'est l'action actuelle du Labex MEC qui est particulièrement efficace dans notre domaine car les besoins nécessaires à la maturation d'une idée (montage d'expérience, fonctionnement) sont le plus souvent « limités » (typiquement des financements ciblés de 20 à 50 k€ se révèlent efficaces).

L'objectif de ces actions de soutien est de maintenir une dynamique de projets novateurs afin de permettre l'émergence de nouveaux thèmes originaux à fort potentiel. Il s'agit donc ici d'une action de pépinière qui s'appuie sur l'excellence du site, sur sa diversité et sur ses interactions avec l'extérieur et qui vise au développement de projets qui ont ensuite vocation à être soutenus par des financements nationaux ou internationaux.

Actions de soutien à la recherche

Afin d'accompagner le développement de la recherche, nous proposons sur le modèle du labex MEC élargi à l'ensemble de l'institut, un soutien à des actions de recherche émergentes, sur appel à projets régulier, pour permettre la maturation de projets à forts potentiels. Le succès du labex MEC a démontré que cette action conduite au plus près des laboratoires permet une grande souplesse et une grande réactivité. La connaissance du tissu de recherche permet aussi de suggérer des collaborations au sein de l'Institut ou vers l'extérieur (en lien avec les entreprises par exemple). Ces soutiens sont multiformes (équipement, fonctionnement, conférences, invités, jeunes chercheurs..) et ils visent également au rayonnement du site.

Conclusion sur le volet recherche

Le pilotage de la recherche se fera au sein d'une cellule composée de quelques experts qui pourront analyser les projets proposés mais aussi orienter vers des thématiques ciblées. L'écosystème actuel fonctionne bien. Il bénéficie d'une dynamique positive, générée par le labex, le rapprochement géographique du LMA, le développement de la fédération dans son rôle de coordination des politiques et

des actions (séminaires, workshops ...). Cette dynamique peut être encore amplifiée par un programme d'incitation non thématique mais plaçant la priorité sur l'aspect collaboratif et l'originalité des projets.

RELATIONS AVEC LE MONDE SOCIO-ECONOMIQUE

Des relations nombreuses

La mécanique, l'acoustique et le génie des procédés se sont naturellement développés au contact des innovations industrielles et il est naturel que les interactions entre chercheurs de la fédération et établissements industriels soient nombreuses. Cela se traduit par un nombre important d'actions en contact avec le monde socio-économique et d'actions de valorisations :

- des contrats de recherche financés par des industriels : le montant moyen annuel des contrats industriels de 1,1 millions d'euros, pour un montant de contrats moyens sur fonds publics (ANR, ERC, Amidex, EPIC, Collectivités) de 3,7 millions d'euros,
- 16 bourses CIFRE en cours,
- 27 brevets sur la période 2011/2016,
- une chaire industrielle (chaire ALBUMS avec Airbus, Renault et Safran),
- un labcom créé au LMA avec Buffet-Crampon (acoustique musicale),
- des relations fortes avec les EPIC (CEA, IRSN...).
- deux plateformes labélisées (SNA3 et Génie des Procédés) ainsi qu'un ensemble d'équipements en cours d'installations notamment dans le cadre du projet CPER CEMEA (Caractérisation et Essai en Mécanique et Acoustique, financement de 2,3 millions d'euros).

Mise en place d'une stratégie pour amplifier les interactions

Les relations chercheurs/industriels sont souvent individuelles ou à l'échelle d'une équipe sur une thématique bien particulière. Afin d'amplifier le développement des relations avec l'industrie, il nous semble important d'améliorer la visibilité du site dans son ensemble ce que permet l'Institut. Cela fait ainsi écho à la volonté affichée de conduire des actions de recherche avec plus de trans-disciplinarité ; nous souhaitons mettre en avant la diversité des domaines d'activité au sein de l'Institut. Les objectifs que nous visons sont les suivants :

- développer des relations privilégiées avec des grands groupes industriels ou des EPIC à l'échelle de l'Institut afin d'être identifié comme

un interlocuteur prioritaire sur leurs actions de recherche (mise en place de chaires et laboratoires communs),

- développer plus largement le modèle de plateformes pour permettre la valorisation de certains équipements et dynamiser les liens avec l'industrie,
- accroître notre visibilité en organisant des actions d'échanges (séminaires, groupes de travail sur le format des European Study Groups with Industry),
- renforcer les liens entre les acteurs économiques et les formations et en particulier développer les actions de formation continue en particulier sur les plateformes, et les formations en alternance (déjà présentes à Centrale Marseille et dans le master Génie des Procédés).

Pour atteindre ces objectifs nous projetons la mise en place à l'échelle de l'Institut d'une structure permettant de faciliter les échanges avec les partenaires extérieurs. Nous souhaitons ainsi affecter un personnel (de niveau ingénieur) à cette structure afin de permettre d'agir dans la recherche de partenaires, d'organiser la communication vers les entreprises, de répondre aux demandes de valorisation ou de recherche partenariale et d'orienter les demandeurs vers l'expertise adéquate.

Pilotage du lien avec le monde socio-économique

L'ensemble de ces dispositifs est piloté au sein d'une cellule en charge des relations avec le monde socio-économique animée par un chargé de mission qui participe à la gouvernance de l'institut tant pour la recherche que pour l'enseignement.

RENFORCEMENT DU LIEN FORMATION-RECHERCHE

L'offre de formation actuelle s'appuie sur les forces en re- cherche

Nous souhaitons créer un institut avec un périmètre large en ce qui concerne les formations, mais avec l'objectif de créer des filières d'excellence et de proposer des points d'accès diversifiés aux formations. Le périmètre englobe les formations dans lesquelles interviennent majoritairement les enseignants-chercheurs de l'Institut :

- à l'UFR Sciences

▸ le master de mécanique : 40 diplômés par an, trois parcours en M2 : Aéronautique et Transport, Science du Feu et Ingénierie de la Sécurité Incendie, Fluids and Solids (enseigné en anglais, ouverture prévue en septembre 2019).

▸ le master de génie mécanique : 30 diplômés par an, deux parcours en M2 : Conception de Systèmes Mécaniques, Conception de Structures Composites.

▸ le master de physique, dont le spectre dépasse largement celui de l'Institut mais dont certains étudiants s'orientent vers les systèmes complexes, la biophysique ou la physique de la matière molle qui sont des domaines développés au sein des laboratoires.

▸ le master de génie des procédés, avec deux séries d'options en M2 : traitements des effluents, applications au nucléaire. Le master est co-habilité avec l'INSTN et Centrale Marseille

- à Polytech Marseille, les formations des départements Mécanique Energétique et Génie Civil.

- à Centrale Marseille, notamment les étudiants des filières de 3e année MECA et GREEN.

Ces formations sont complétées par celles dont l'ouverture est projetée : master d'ingénierie des systèmes complexes, le mastère spécialisé éolien offshore & ingénierie marine, tous deux portés par Centrale Marseille, et le parcours Waves du master de mécanique (pour lequel un projet Erasmus Mundus a été déposé) Elles bénéficient naturellement, du fait de l'action des enseignants-chercheurs, des compétences scientifiques présentes au sein des laboratoires. Les actions proposées ci-dessous visent à rendre plus concret le lien forma-

tion-recherche et ainsi à améliorer l'attractivité des formations de master afin d'en accroître la visibilité en France et à l'étranger et à améliorer l'attractivité des formations par la recherche.

Les objectifs de l'institut en termes de formation

Les masters seront placés au centre de l'action des instituts mais certaines actions seront ouvertes sur les formations d'ingénieurs. L'objectif est de renforcer l'attractivité de l'offre de formation :

- en renforçant les opportunités de séjour en laboratoire des étudiants, en faisant participer les étudiants à des actions de recherche, en présentant des actions de recherche et valorisation aux étudiants pour les sensibiliser aux problématiques actuelles de recherche et de développement ;

- en proposant une offre de formation ouverte sur l'ensemble des disciplines présentes et offrant la possibilité aux étudiants de choisir leur parcours en fonction de leurs souhaits et de leurs projets.

Renforcement du lien formation- recherche et de l'attractivité des formations

Les actions proposées sont donc

- des actions tournées vers un élargissement de l'offre (plutôt à destination des masters) avec les objectifs suivants :

▸ développer dans les formations l'alternance recherche en laboratoire et l'alternance en entreprise notamment en proposant un rythme alternant les séquences d'enseignement classiques (cours, TD et TP) sur des périodes de 3 à 4 semaines avec des périodes d'une à deux semaines consacrées à des projets (pour les étudiants non alternants) ou à l'alternance, permettant ainsi le développement de compétences (gestion de projet, travail en équipe, organisation, rédaction) indissociables d'une formation de master;

▸ proposer des formations permettant aux étudiants de construire un parcours personnalisé en fonction de leurs aspirations professionnelles en profitant au mieux des compétences présentes au sein de l'Institut.

Ces deux actions impliquent des changements importants en terme d'organisation (changement d'organisation des formations, porosité accrue entre les formations) et ils ne pourront être mis en place qu'après une phase

de réflexion exhaustive mais l'objectif d'avoir des formations plus souples et plus ouvertes est largement partagé par la communauté. La pédagogie innovante faisant largement appel à des projets (conduits en particulier dans les laboratoires) est déjà à l'oeuvre dans les masters.

- des actions favorisant le lien formation-recherche :

▸ l'accueil en alternance recherche d'étudiants des masters et des écoles d'ingénieurs (comme cela se pratique déjà à Centrale Marseille) : les étudiants choisissent un sujet de recherche sur lequel ils vont travailler pendant 2 semestres ou plus. Ils passent du temps en laboratoire (1/2 journée par semaine et au moins 1 semaine complète par mois) pour travailler sur un sujet. Ils interagissent avec un encadrant dans le laboratoire et participe à la vie de l'équipe de recherche qui les accueille. Ce dispositif sera accompagné par des bourses aux étudiants (en nombre restreint) et permettra ainsi une continuité entre masters et thèses sur le format d'une graduate school.

▸ l'organisation régulière (mensuelle ou bimestrielle) de séminaires organisés par les étudiants (masters, élèves-ingénieurs, doctorants). Ces séminaires seront accompagnés d'une introduction à la thématique par un enseignant chercheur de l'institut. L'intervention de chercheurs en entreprise sera encouragée. Ces séminaires seront l'occasion d'interactions entre doctorants et étudiants de master et d'école d'ingénieurs instaurant une continuité dans les études.

▸ la coordination des cours de l'école doctorale (2 à 3 cours par an) avec les cours de masters afin de proposer des enseignements sur des thématiques pointues et se renouvelant.

▸ le recrutement de post-doctorants sur le format des *instructors* des universités anglo-saxonnes, avec un service d'enseignements d'un demi-ATER. Ces recrutements seront externes et accompagneront les projets de recherche les plus prometteurs. Ces *instructors* participeront notamment à l'encadrement de projets en lien avec leur activité de recherche.

- des actions améliorant l'attractivité du site (en complément de celles proposées ci dessus)

▸ Nous proposons de mettre en place des bourses d'accueil pour favoriser l'installation

de candidats extérieurs au campus et étrangers.

▸ Certaines formations (en Master 2 en particulier) seront enseignées en anglais facilitant ainsi l'accueil d'étudiants étrangers.

▸ Le développement de formations ciblées (publics internationaux, publics industriels) s'appuyant partiellement sur les formations actuelles sera accompagné. De telles formations sont déjà en cours de développement (master international Waves, master ingénierie des systèmes complexes porté par Centrale Marseille)

Pilotage des actions de formation

Un comité formation sera animé par un directeur. Des réunions régulières avec les représentants des formations seront organisées pour mener l'important travail de coordination permettant aux différentes actions d'avoir une cible large.

DÉVELOPPEMENT À L'INTERNATIONAL

De nombreuses relations internationales

Les relations internationales sont présentes tant dans les laboratoires qu'au niveau des formations. Parmi les indicateurs de ces liens forts, on peut citer :

- 12 cotutelles de thèse avec des universités étrangères sur la période 2012-2017,
- des projets financés avec des partenaires étrangers (projet européen PeISkin, projets ANR-DFG TWIN-HELIX et TURBMIX),
- le montage d'un laboratoire international (LIA CNRS 1092 ISTROF),
- la participation à des réseaux européens (ITN Waves et Migrate), portage de l'ITN CoPerMIX déposé en 2019.

Les formations ont également des relations internationales avec la co-habilitation du master génie mécanique avec l'université de Ferrara et un nombre important d'étudiants étrangers dans les masters et en thèse. Le parcours de master Waves (ouverture prévue en 2020 ou 2021) est un master international (Erasmus Mundus déposé avec les universités de Coimbra et de Valence). Le master ingénierie des systèmes complexes sera enseigné en anglais et il est également destiné à un public international. Enfin le parcours Fluids and Solids du master mécanique sera également enseigné en anglais. Cette offre de formation permettra notamment de faciliter les échanges étudiants avec les partenaires des établissements.

Stratégie de développement à l'international

Si les relations sont nombreuses, le constat fait pour les relations avec les entreprises est aussi valable pour l'international : les relations sont avant tout individuelles et il apparaît souhaitable de mettre en place des relations plus établies avec quelques acteurs identifiés. Pour cela nous proposons de nommer un chargé de mission « international » qui animera les actions suivantes :

- l'identification de partenaires académiques ayant déjà des relations fortes avec les laboratoires et analyse des opportunités d'institutionnalisation des relations,
- au niveau des formations, recherche d'institutions partenaires pour mettre en place des

échanges d'étudiants (ce type de relations est déjà présent dans les écoles d'ingénieurs) notamment sous forme d'échanges de stages en laboratoires,

- incitation et accompagnement au montage de projets européens (ITN).

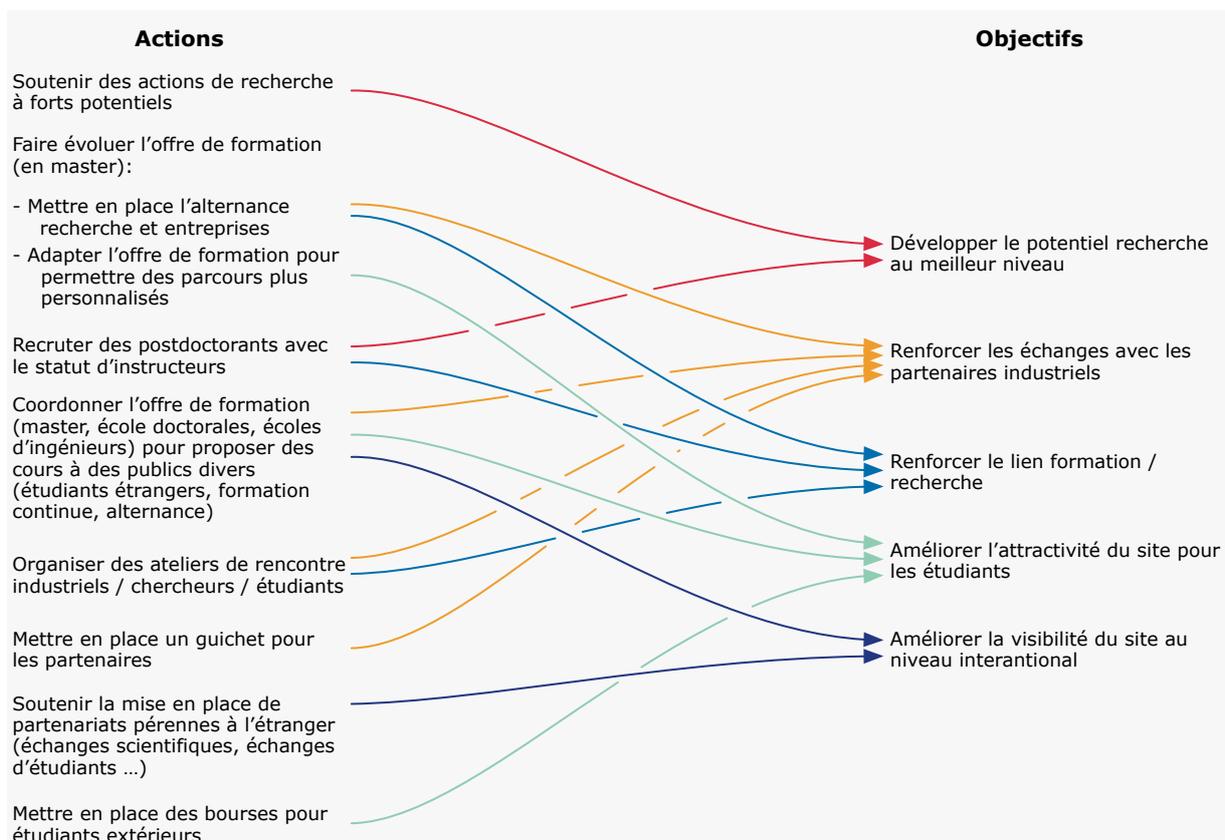
RÉSUMÉ

Le projet d'Institut reste ouvert sur la discipline et vise l'excellence du site en conservant ses missions actuelles :

- étendre les connaissances dans le domaine de la mécanique des fluides et des solides, de l'acoustique, du génie des procédés,
- étudier les interactions et applications de ces domaines avec d'autres champs scientifiques (sciences de la terre et de l'univers, science de la vie, médecine, environnement ...) faisant ainsi de l'Institut un acteur fort ayant vocation à interagir avec les autres domaines phares du site d'Aix-Marseille pour les aspects de modélisation et d'instrumentation,
- proposer des applications innovantes des recherches produites en interaction avec des partenaires industriels.

Il s'appuie sur deux axes forts du site : les dynamiques complexes et les matériaux et milieux hétérogènes. L'élément central du projet est la mise en commun de compétences variées disponibles dans les différents laboratoires pour assurer le développement de ces deux axes.

L'institut constitue une réelle opportunité d'étendre la dynamique de coopération initiée au sein de la fédération et du labex MEC aux formations en insistant particulièrement sur le volet relations avec le monde socio-économique et développement international.



PROJET D'INSTITUT DE MÉCANIQUE ET D'INGÉNIERIE : COMPLÉMENTS EN RÉPONSE AUX RECOMMANDATIONS DU BOARD D'AMIDEX

Ce document a pour objectif de compléter le projet d'Institut de Mécanique et d'Ingénierie en particulier en répondant aux recommandations du board d'AMIDEX.

STRUCTURATION PROGRESSIVE DE L'INSTITUT

Le développement de l'institut s'appuiera sur la recherche de meilleures synergies au sein des différentes équipes de recherche et au sein des formations afin de développer les thèmes scientifiques du projet. La structuration se mettra progressivement en place, les étapes principales étant

- la mise en place d'une gouvernance et d'un bureau assurant l'animation de l'Institut,
- le lancement d'actions incitant au développement de projets transversaux autour des axes scientifiques que ce soit en recherche, formation ou valorisation, et d'actions structurantes en matière de formation et de valorisation,
- un travail prospectif en vue d'établir une cartographie fine en recherche et formation des thèmes forts et des thèmes à fort potentiel de développement.

Gouvernance et animation

Le préalable au démarrage d'actions et d'appels à projets est la mise en place de la gouvernance. En plus de la gouvernance statutaire, nous souhaitons mettre en place un bureau avec des responsables d'axes scientifiques et des personnes chargées de l'animation des domaines applicatifs reprenant ainsi l'organisation proposée pour l'institut. Les responsables d'axes participeront à l'animation scientifique. Les projets déposés lors des appels d'offre s'inscriront dans un de ces axes. Les responsables d'axes seront sollicités lors des arbitrages. Les personnes chargées de l'animation des domaines applicatifs auront pour mission de développer des actions spécifiques dans leur domaines de compétence comme des appels à projets ciblés sur leurs thèmes. Ils auront aussi pour mission de développer les relations avec les partenaires, qu'ils soient industriels ou académiques pour organiser des actions communes (journées d'animation scientifique, appels d'offres communs avec d'autres instituts ou avec des partenaires industriels)....

Actions incitatives

Les actions incitatives ont pour objectifs de renforcer les synergies entre les différentes équipes de recherche et les différentes formations afin d'aborder des problèmes et des thématiques de manière plus transversales. Elles prennent généralement la forme d'appels à projets dans la continuité des actions conduites au sein du labex MEC. Ces appels peuvent être « blancs » ou plus ciblés. Ces actions peuvent être débutées rapidement après la mise en place de la gouvernance :

- soutien aux projets de recherches transversaux à fort potentiel,
- soutien aux actions de formations innovantes (nouveaux cours, enseignements sur plateformes, actions de formations continues),
- recrutement de post-doctorants avec le statut d'instructeurs,
- bourses d'accueil pour étudiants et bourses pour étudiants en alternance recherche,
- soutien aux actions étudiantes (séminaires, actions de projet)...

Actions de structuration

Les actions de structuration suivantes demandent un travail d'adaptation des dispositifs existants :

- mise en place de l'alternance (recherche et entreprises) après une adaptation des rythmes d'enseignement,
- mise en place d'un guichet pour le monde socio-économique permettant d'améliorer la visibilité du site,
- développement des plateformes.

Ces actions sont programmées sur les deux premières années après le démarrage de l'institut.

Démarche prospective

Ce travail prospectif doit établir une cartographie fine des domaines de compétences. L'inventaire des moyens humains et expérimentaux permettra d'identifier les thèmes à fort potentiel de

développement. Cette cartographie doit notamment permettre de cibler les profils en vue de recrutements d'enseignants chercheurs de haut-niveau. Le travail prospectif servira également de base pour l'évolution de l'offre de formation en vue d'une rationalisation entre les différentes formations.

STRATÉGIE EN TERME DE RESSOURCES HUMAINES

Nous souhaitons en premier lieu mettre en place le recrutement régulier de post-doctorants avec le statut d'instructeurs. Le caractère récurrent de ces recrutements ainsi que la durée des postes (un an renouvelable jusqu'à deux fois) permettent d'en assurer la visibilité et l'attractivité. Nous souhaitons ainsi attirer des candidats de haut niveau qui pourront bénéficier d'un accompagnement au dépôt de projet nationaux ou internationaux.

En ce qui concerne le recrutement de chercheurs confirmés de haut niveau sur des dispositifs de type chaire d'excellence, une telle démarche pourra être conduite à l'issue du travail de cartographie dont un des objectifs est de faire émerger les profils les plus pertinents dans l'environnement. A l'issue de ce travail, un comité de recrutement pourra alors être mis en place pour piloter la détection des meilleurs candidats.

APPROFONDISSEMENT DES RELATIONS AVEC LE CEA

Nous sommes particulièrement attentifs aux liens avec le CEA. De nombreuses relations existent à l'échelle des chercheurs ou des équipes. En février 2019, 30 thèses communes entre les 4 laboratoires de l'Institut et le CEA sont ainsi en cours. Un laboratoire commun entre le CEA et le LMA sera inauguré le 11 juin 2019.

Il est opportun d'amplifier les relations en élargissant les collaborations. Ce constat a été partagé lors d'une rencontre avec la Cellule Animation Scientifique et Actions Régionales le 6 juin 2019 à Cadarache. Il est apparu une volonté commune de chercher à étendre les relations déjà existantes et de mettre en place de manière récurrente des échanges à la fois par des séminaires / workshop afin que les deux communautés (CEA / Institut) se connaissent mieux mais aussi en créant une cellule d'échange permettant de développer des actions communes. L'aspect formation est un enjeu impor-

tant de la relation avec le CEA avec un objectif partagé d'améliorer les formations du site d'Aix-Marseille. Le développement de l'alternance (avec accueil d'alternats au CEA) a été identifié comme un axe intéressant pour améliorer l'attractivité des formations.

D'autres partenaires privilégiés (à un degré moindre que le CEA) sont aussi identifiés : l'unité Recover de l'IRSTEA (bientôt INRA), l'IRSN, ainsi que des partenaires au sein d'AMU (ISM notamment). Il nous apparaît opportun que ces partenaires soient associés de manière régulière aux actions de l'institut.

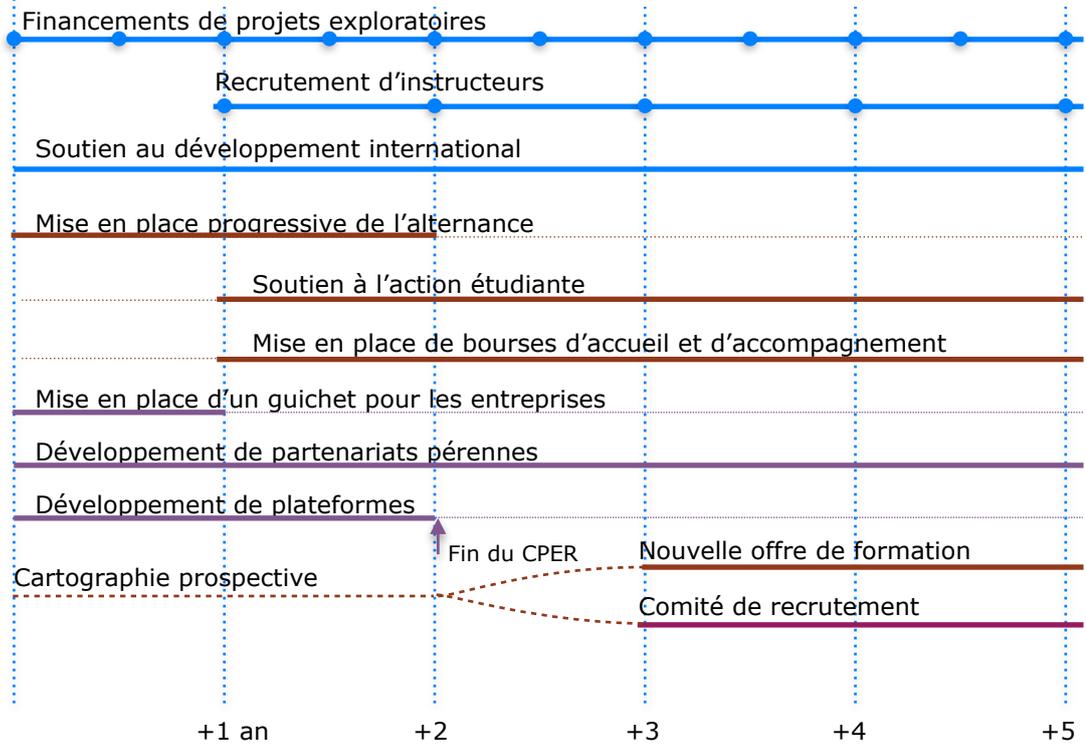
DÉVELOPPEMENT DE LA THÉMATIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

La thématique de l'intelligence artificielle est identifiée comme émergente au sein des laboratoires. Elle est ainsi présente dans les enseignements avec notamment une UE dans le parcours de master Fluids and Solids (ouverture prévue en septembre 2019) et dans le master de physique. En recherche, cette thématique va se développer intensément sous l'effet de l'ERC Advanced Copod obtenue en 2019. Nous serons également particulièrement attentifs aux opportunités de développement en collaboration avec d'autres acteurs du site et en lien avec le monde industriel.

PLANIFICATION DES ACTIONS

Démarrage

Mise en place de la gouvernance



Introduction

Ce projet d'Institut des **Sciences de la Fusion et de l'Instrumentation en Environnements Nucléaires** est impulsé par

- la présence sur le site de Cadarache de **grands équipements de recherche pluridisciplinaires** et de plateformes dans le domaine de l'énergie nucléaire, uniques aux niveaux européen et international dans les domaines de la **fusion** et la **fission nucléaires**, autour **d'enjeux sociétaux et économiques majeurs** sur les **questions énergétiques** : le développement d'une nouvelle filière électronucléaire basée sur la fusion, et la gestion et les évolutions de la filière fission.

- l'impact d'une **structuration de l'activité d'AMU** sur les thématiques associées à ces instruments, réparties sur 7 UMR du site (PIIM, IM2NP, LMA, M2P2, IUSTI, CPT, I2M) et développées depuis de nombreuses années en **fort partenariat avec le CEA** (Institut de la Recherche sur la Fusion par confinement Magnétique IRFM et Direction de l'Energie Nucléaire DEN). En particulier, cette structuration permettra la possibilité **d'établir et faire vivre une prospective commune**, élargissant ainsi la feuille de route pour la fusion à AMU établie en 2016.

- les **synergies** que cette structuration permettra sur la base des **collaborations de longue date** entre les laboratoires d'AMU et du CEA sur ces problématiques, tant dans le domaine scientifique que dans l'utilisation des plateformes et dans la capacité à mettre en œuvre des **projets attractifs** et susceptibles d'obtenir les supports nécessaires, en particulier de par une **visibilité accrue**.

- le démarrage prévu dans la prochaine décennie de **deux nouvelles infrastructures de recherche majeures en Région PACA** pilotées dans le cadre de **consortia internationaux**, qui présentent des opportunités nouvelles qu'AMU, associée au CEA, doit se donner les moyens de saisir : **ITER**, qui doit démontrer la faisabilité **scientifique** de la fusion par confinement magnétique et fournir une preuve de principe du fonctionnement du cycle du combustible, ce qui désigne le site comme le point focal des recherches mondiales en fusion sur les 2 décennies à venir, la phase d'exploitation démarrant en 2025 pour arriver à une puissance nominale à partir de 2035 ; et le **Réacteur Jules Horowitz (RJH)**, Material Testing Reactor dont le démarrage est prévu en 2022-2023, et qui est consacré aux études des matériaux et combustibles sous irradiations pour le parc électronucléaire actuel et futur, incluant la fusion, ainsi qu'à la production de 25% à 50% des radioéléments pour la médecine et l'industrie européenne.

- une **volonté partagée** entre AMU et le CEA de se positionner de manière ambitieuse et adaptée sur de **grands défis scientifiques**. Au niveau des sciences de la fusion, il s'agit de tendre vers une position de leadership sur les aspects de physique du divertor et d'extraction de puissance, ainsi que de conforter les compétences sur la physique des plasmas en combustion. Ce positionnement constituera un **tremplin essentiel pour développer les collaborations avec ITER** et la participation des équipes du site à l'exploitation scientifique de la machine. Au niveau des recherches conduites dans le domaine de la fission, il s'agit de se positionner sur de nombreux enjeux liés aux **réacteurs électronucléaires actuels** (GEN II, GEN III, GEN III+, avec en France le deuxième parc nucléaire au monde) et aux **réacteurs de futures générations** (GEN IV, SMRs¹), enjeux nécessitant des avancées majeures dans le domaine de la mesure, de

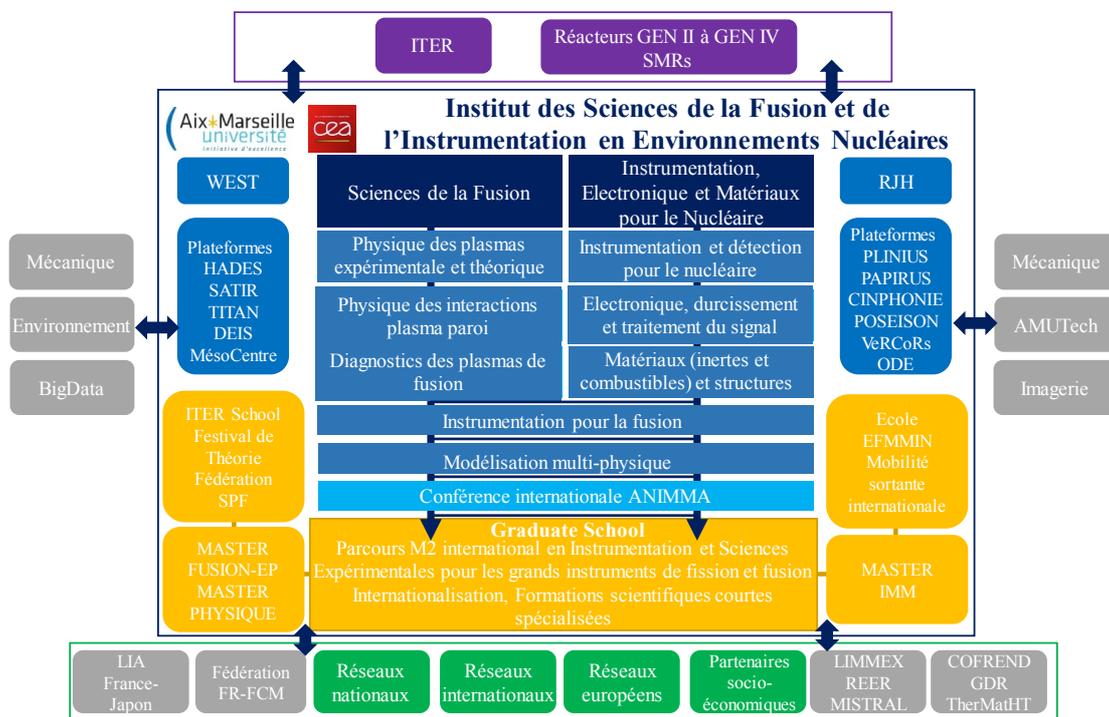
¹ Small Modular Reactors

la détection et des matériaux en environnements extrêmes. Enfin la production de radio-isotopes innovants à usage médical ou industriel est un enjeu important auquel l'institut cherchera à répondre.

- l'exploration **de couplages entre les travaux menés en fusion et fission**, dont le besoin et l'urgence sont accentués par le fait qu'ITER est la première installation nucléaire en fusion.

- la nécessité, au vu des ambitions portées au niveau de la recherche, d'une **montée en puissance des formations développées dans chaque thématique**, avec une **internationalisation accrue** allant de pair avec le caractère international des installations. Ces actions seront menées dans le cadre d'une **Graduate School (GS)**, potentiellement renforcée par un financement EUR. Cette GS s'appuiera principalement sur des masters existants (master de Physique/master Fusion-EP pour le volet fusion et le master d'Instrumentation, Mesure et Métrologie (IMM)), et sur des réseaux tissés par ces formations à la fois dans le monde académique, le monde de l'entreprise et à l'international.

Nos ambitions s'appuient sur des bases solides en recherche et de formation, qui sont décrites dans la suite du document.



Etat des lieux

Depuis maintenant **30 ans**, avec l'exploitation du tokamak **Tore Supra (devenu WEST)** au CEA Cadarache, les acteurs présents dans la région ont progressivement formé un tissu local d'excellence en matière de recherche et d'enseignement sur la fusion par confinement magnétique. Les collaborations ont tout d'abord donné lieu à la création de laboratoires de recherche conventionnés, qui ont ensuite évolué avec la création de la **fédération de recherche sur la fusion par confinement Magnétique-ITER (FR-FCM)** en 2007 regroupant à l'heure actuelle 42 partenaires. Les laboratoires mixtes AMU constituent, avec l'IRFM (Institut de recherche sur la fusion par confinement magnétique, CEA/DRF) le **noyau dur de la fédération** et **concentrent la majorité des forces au niveau national**. Les travaux de recherche sont menés dans un fort **contexte international**, dans le cadre de plusieurs projets européens, et plus largement par l'intermédiaire de collaborations avec les acteurs majeurs du domaine au niveau mondial (LIA France-Japon, accords de collaboration). Un **partenariat fort existe également au niveau formation**, avec une implication des personnels CEA dans l'enseignement et l'organisation commune du Festival de Théorie, ainsi que l'école d'été ITER School. En parallèle, **depuis 2004**, AMU (au travers des laboratoires IM2NP et LMA, ainsi que de la Filière Instrumentation du département de Physique de la Faculté des Sciences) et la **Direction de l'Energie Nucléaire du CEA Cadarache** intensifient des **actions collaboratives pérennes** en

Instrumentation, Electronique et Matériaux pour la fission nucléaire. Ces activités s'appuient sur **deux laboratoires communs** : LIMMEX² créé en 2010 et MISTRAL³ en cours de finalisation. Ces actions collaboratives concernent également la formation et la formation par la recherche avec en particulier **un diplôme de master co-accrédité par le CEA/INSTN** (parcours Instrumentation des Moyens d'Essai du Master IMM impliquant de nombreux chercheurs CEA), la création et l'organisation de la **conférence internationale ANIMMA** (6^{ème} édition en 2019) et celles de **l'école d'été EFMMIN** (5^{ème} édition en 2018). Ces éléments attestent d'une **maturité reconnue internationalement** et constituent ainsi un socle solide pour le **développement** des travaux de recherche de cette thématique, et leur **extension** à des problématiques liées à l'environnement extrême d'ITER. Ce dynamisme est accentué par l'implication dans des **réseaux nationaux** (GDR TherMatTH⁴, COFREND⁵), **d'autres structures communes** (laboratoire REER⁶ de l'IM2NP avec STMicroelectronics, structure CONCRETE avec l'IRSN et le LMA en particulier), par un **fort lien avec EDF** et de nombreux partenariats internationaux (MIT ; nombreux centres nucléaires, instituts et universités européens ; société IEEE NPSS ; consortium international RJH).

Périmètre

L'institut regroupe ainsi des chercheurs et enseignants-chercheurs appartenant aux **laboratoires universitaires** suivants :

- Laboratoire de Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires (PIIM, UMR 7345)
- Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP, UMR 7334)
- Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA, UMR 7031)
- Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2, UMR 7340)
- Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI, UMR 7343)
- Centre de Physique Théorique (CPT, UMR 7332)
- Institut de Mathématiques de Marseille (I2M, UMR 7373)

Mais aussi issus **du CEA** :

- Institut de Recherche sur la Fusion Magnétique (IRFM, CEA/DRF, Cadarache)
- Direction de l'Energie Nucléaire (Départements d'Etudes des Réacteurs, de Technologie Nucléaire et d'Etudes des Combustibles, Cadarache)

L'institut possédera ainsi un potentiel humain d'environ 300 personnes dont **236 permanents** et comportera une GS et deux volets de recherche :

- **Volet Sciences de la Fusion (SF)**
- **Volet Instrumentation, Electronique et Matériaux pour le Nucléaire (IEMN)**

Volet IEMN	Laboratoire	Permanents	Doctorants en cours
Correspondant CEA/DEN : A. Lyoussi	IM2NP	25	8 (dont 5 avec le CEA)
	LMA	19	8 (dont 6 avec le CEA)
	CEA/DEN	80	
Volet SF Correspondant CEA/IRFM : A. Grosman	PIIM	32	14 (dont 6 avec le CEA)
	M2P2	2	4 (dont 3 avec le CEA)
	IUSTI	3	1
	CPT	3	1
	I2M	2	3 (dont 1 avec le CEA)
	IRFM	70	28 (dont 5 avec AMU)

Sur le volet IEMN, les personnes impliquées appartiennent à deux laboratoires universitaires (IM2NP et LMA) et à trois départements de la DEN du CEA Cadarache (dont 34 déjà dans les laboratoires communs et intervenant dans le Master IMM). La constitution de ce volet repose sur des **membres investis dans différents programmes** lancés depuis 2010 qui ont bénéficié de **plusieurs guichets de financement** (FEDER, KIC INNO, Europe, ANR, PIA, Région PACA, Ville de Marseille, DGA, EDF, CEA, IRSN) en

² Laboratoire d'Instrumentation et Mesures en Milieux Extrêmes

³ Modeling, Inspection and characterization of materials and STRuctures for Advanced Low carbon energies

⁴ THERmodynamique des MATériaux à Haute Température

⁵ Confédération Française pour les Essais Non Destructifs

⁶ Radiation Effects and Electrical Reliability

particulier dans le cadre des laboratoires communs et sur de nouveaux membres du CEA du domaine pour une montée en puissance des collaborations.

Sur le volet fusion, **l'IRFM est la plus grosse structure impliquée**, et apporte à l'institut ses plateformes, ainsi que ses réseaux scientifiques, institutionnels et dans le monde socio-économique. Au niveau d'AMU le laboratoire **PIIM concentre la majorité des ETPs**, mais les personnels impliqués dans les autres laboratoires jouent un rôle clé dans la communauté (comme l'atteste le portage de projets A*MIDEX, ANR, qui impliquent plusieurs laboratoires). La participation de chercheurs issus d'équipes travaillant principalement dans des domaines autres que la fusion permet des **transferts de connaissances entre les communautés**. Il est par ailleurs essentiel que ces études s'appuient sur des bases solides issues des **mathématiques appliquées** (à la fois pour les modèles eux-mêmes et sur leur implémentation numérique), ainsi que de **physique théorique**. Un fort tissu collaboratif s'est ainsi tissé progressivement via des participations communes à divers projets (ANR, Europe, A*MIDEX, FR-FCM, région PACA), mais **la visibilité de ce réseau n'est pas encore optimale faute d'éléments structurants locaux**.

Formations

- Formation aux sciences de la fusion et des plasmas au sein du master de physique
- **European Master of Science in Nuclear Fusion and Engineering Physics (Fusion-EP)**
- Master Instrumentation, Mesure et Métrologie (4 parcours)
- Master Nanosciences et Nanotechnologies (NanoSciTech) **en interface avec l'institut AMUTech**

Ecoles Doctorales

- ED 352 Physique et Sciences de la Matière
- ED 353 Physique et Sciences pour l'ingénieur
- ED 184 Mathématiques et informatique

Structures interfaces

L'institut viendra renforcer et donner une visibilité accrue au **noyau dur** de la **fédération nationale** de recherche sur la fusion (FR-FCM, FR3029). La FR-FCM coordonne en particulier les participations des chercheurs académiques français (~150, hors CEA) au programme **Eurofusion**. Au niveau international, un **LIA avec le Japon** existe depuis 2007 et vient d'être renouvelé sous l'appellation « ITER Physics » (NIFS, Universités d'Osaka et Kyushu). Pour le volet IEMN, l'institut bénéficiera de différentes structures existantes telles que les **laboratoires et communs** AMU-CEA-CNRS déjà précités LIMMEX et MISTRAL mais également le laboratoire commun REER et la structure de recherche commune CONCRETE.

L'institut aura **des interfaces** avec les instituts **Environnement** (aspects tritium, toxicité des poussières), **Big Data et Archimède** (gestion et traitement des données générées par les machines de fusion et les simulations HPC), **AMUTech** (miniaturisation, effet des radiations) et **Mécanique** (lois de comportement micro-macro échelle, contrôle non destructif, matériaux, ondes ...).

Recherche

Les activités de recherche de l'institut se déclinent selon les **deux volets (SF et IEMN)** menés jusqu'ici de manière indépendante. Ces activités resteront au cœur du travail des équipes et seront soutenues par l'institut, en vue de renforcer leur **positionnement international**. Ainsi l'institut mènera de plus des **activités transverses** entre ces 2 volets, et travaillera à identifier et exploiter **les synergies**.

Recherches sur la fusion par confinement Magnétique :

L'axe directeur des activités fusion de l'institut est le développement d'une **hiérarchie de modèles**, permettant l'inclusion progressive des éléments de physique ab-initio et l'évaluation des incertitudes de modèles et leur prise en compte dans les comparaisons expérience/théorie. L'approche de plus haute fidélité s'appuiera sur des modélisations gyro-cinétiques et son exploitation nécessitera l'utilisation de **calculateurs HPC exascale**, à la pointe des possibilités technologiques. Un ensemble de modèles de niveau de fidélité moindres (fluides 3D et 2D) restent à la pointe de la recherche et seront développés également. Ces outils permettent **d'aborder des verrous de la recherche en fusion** (flux de chaleur et tenue des parois dans le divertor, effets des particules rapides, mode H, ELMs, disruptions) **à l'orée de l'exploitation d'ITER**. Le

couplage aux études expérimentales dans **WEST**, en particulier à l'aide de **diagnostics performants**, et les autres tokamaks Européens et mondiaux constitue **un tremplin idéal** vers l'exploitation d'ITER pour un de ses aspects les plus critiques. Cette démarche est en plein accord avec les recommandations du COS : « *La présence à proximité d'ITER qui va devenir de plus en plus visible lorsque son exploitation aura démarré donne une opportunité unique à AMU et en particulier aux équipes impliquées dans les sciences de la fusion en raison de la proximité avec le site qu'il faudra saisir. La mise en commun des compétences complémentaires des laboratoires marseillais devrait également être soutenue, en particulier les activités communes au niveau théorique et numériques entre les laboratoires PIIM, M2P2, I2M et CPT doivent être développées et rendues plus visibles, ...* ».

Les principales thématiques de recherche développées jusqu'ici sur le site en **forte collaboration avec l'IRFM** sont les suivantes :

i) la physique des plasmas expérimentale et théorique. La physique de la **turbulence** et du **transport** turbulent et collisionnel dans les plasmas de cœur fait partie des points forts du site. Ces travaux ont été récompensés par une médaille d'argent du CNRS (X. Garbet, IRFM). Cette physique traite également d'**interactions multiéchelles**, entre la MHD, qui traite de la stabilité globale, et la turbulence en particulier. Les travaux sur les **plasmas de bord**, incluant la dynamique des barrières de transport, se sont développés plus récemment, en synergie avec le projet WEST, et ont eu un fort impact de part les techniques numériques novatrices utilisées. Ces études s'appuient sur des recherches en **physique théorique** (fondements des modèles), ainsi que des études **mathématiques** des modèles et de leur représentation numérique et bénéficie d'interactions avec la communauté plasma du site.

ii) la physique des interactions plasma paroi, de l'étude des **mécanismes fondamentaux** à la **caractérisation post-mortem** de composants installés dans divers tokamaks. Les problématiques abordées concernent en particulier l'**érosion** des composants et la **rétenion** du deutérium/tritium, et font appel à la fois à des méthodes expérimentales et théoriques. Cette thématique s'appuie sur des éléments forts de **physique des surfaces**, qui sont au cœur des problématiques de **sureté**.

iii) Des aspects de diagnostics des plasmas de fusion, menés en lien avec les études de physique associées (diagnostics de flux de chaleur appliqués à la problématique de l'extraction de puissance, diagnostics spectroscopiques, ...), qui ont bénéficié de deux financements A*MIDEX. Cet axe de recherche est essentiel afin de pouvoir exploiter tout le potentiel scientifique de WEST.

Par ailleurs, des activités de recherche en lien avec la fusion ont été menées en **SHS** (droit, sociologie, économie) et ont fait l'objet d'une coordination par le PII énergie. L'institut aura vocation à encourager de tels **travaux pluridisciplinaires**, essentiels dans l'optique du développement d'une **vision systémique**.

Ces recherches, menés en collaboration entre AMU/CNRS/ECM et le CEA sont **fortement intégrées dans le programme européen Eurofusion** (~500k€/an sur les laboratoires AMU, soit 1/3 environ du financement hors CEA national), en particulier sur les **aspects fondamentaux** (programme Enabling Research, **12 projets** portés en commun depuis 2014) pour lesquels la France est leader dans un contexte très compétitif. L'IRFM est porteur du projet Euratom transverse TRANSAT sur le tritium et porte également le pilier fusion du centre d'excellence européen EoCoE. La communauté travaille en conséquence dans un environnement **fortement international**, en particulier au niveau européen, mais pas seulement (par ex. : LIA France Japon), ce qui se traduit par le fait qu'environ 65 % des publications impliquent au moins un collaborateur étranger. Le partenariat entre équipes du site s'est traduit par 11 projets ANR communs, 5 projets AMIDEX et 2 chaires, ainsi que par un flux d'environ 12 doctorants par an. L'activité scientifique se traduit par 190 publications dans des revues à comité de lecture/an en moyenne (soit environ **950 publications** sur les 5 dernières années) dont 60/an pour les laboratoires AMU/CNRS/ECM. Sur ces 60 publications annuelles, 30 sont en collaboration avec l'IRFM. Ce tissu collaboratif est structuré par 35 accords de collaboration à l'IRFM⁷, et de nombreuses collaborations scientifiques au niveau des laboratoires AMU.

Recherche sur l'instrumentation, l'électronique et les matériaux pour le nucléaire (IEMN)

Les recherches menées dans le cadre du volet IEMN vont de **l'instrumentation aux matériaux** et correspondent à des activités déjà lancées (**mais récemment pour certaines de 2010 à 2014**) dans des

⁷ Incluant les grands acteurs de la fusion (Max Planck Institute Garching, UKEA, EPFL, MIT, ORNL, ...)

programmes de recherche au sein de l'IM2NP, du LMA et dans les laboratoires communs LIMMEX, REER et MISTRAL. Ces activités de recherche **récentes ont donné lieu de 2013 à 2017** à une production **côté AMU de 141 publications** dans des revues à comité de lecture (dont **54 communes avec le CEA**), de 133 actes (dont 64 communes avec le CEA), **4 brevets** (dont **2 communs avec le CEA**) et **43 thèses soutenues** (dont 22 avec le CEA). Les recherches conduites dans ce volet cibleront les **enjeux sociétaux majeurs** et structurants de **sureté-sécurité**, de **longévité** des réacteurs en fonctionnement, du **démantèlement** des installations nucléaires en fin de vie (incluant aussi les structures de génie civil associées), de la production, de la **gestion et la caractérisation avancée de déchets radioactifs** ainsi que l'évolution de l'électronucléaire pour répondre à la politique de **mix-énergétique de demain**. Deux composantes communes à tous ces enjeux dans de tels environnements sévères et contraints (en présence de rayonnements nucléaires, de hautes températures, de fortes pressions) sont : **effectuer des mesures** de plus en plus performantes et poussées et **proposer des avancées** majeures au niveau **des matériaux et structures**. Il s'agira par exemple : i) d'améliorer la **compréhension des phénomènes complexes** couplés apparaissant lors des essais et tests sous irradiation de matériaux inertes et de combustibles pour notamment étudier leur vieillissement accéléré ; ii) de contrôler et surveiller en ligne **l'intégrité de composants et de structures** ; iii) de procéder à des **diagnostics** préalables à des opérations de maintenance ou de démantèlement ; iv) de définir, tester et valider de **nouveaux concepts** utilisant d'autres ressources et minimisant notamment les déchets radioactifs ; vi) de proposer de nouvelles solutions liées à la **gestion de ces déchets** ; vii) ou encore d'étudier des matériaux innovants pour des besoins autres que ceux de l'énergie de fission tels que les **radioéléments à usages médicaux** et des **matériaux pour la fusion** (ITER, DEMO).

La conception et la proposition de nouvelles mesures et moyens expérimentaux performants ainsi que de nouveaux matériaux pour des **environnements extrêmes** nécessitent une **démarche pluridisciplinaire** couplant des **compétences fondamentales** en physique, thermique, mécanique, chimie et sciences nucléaires, sciences des matériaux et des compétences plus appliquées en sciences de la mesure et en électronique mais aussi **en conduite de travaux en conditions réelles** (ou a minima représentatives) et réunissant le monde académique et des acteurs clés tels que le **CEA, EDF, et l'IRSN**.

Ce volet permettra ainsi par le **regroupement ces compétences pluridisciplinaires** de mener des travaux de recherche allant des aspects fondamentaux en laboratoire (**interactions rayonnements matière, neutronique, photonique, détection de rayonnements, transferts thermiques, mécanique, modélisation, phénoménologie, matériaux, thermochimie/thermodynamique**) jusqu'aux aspects les plus appliqués avec des études de systèmes complets innovants (**capteurs/détecteurs/électronique/instrumentation, dispositifs d'irradiation, éléments de structure**) en conditions réelles. Ces recherches se développent autour de 3 axes de recherche bien établis.

i) Axe Instrumentation et détection pour le nucléaire : Cet axe portera donc sur l'étude et le développement de **capteurs/microcapteurs innovants** (sélectifs, miniaturisés, multi-gammes) et de **dispositifs de mesure** (systèmes multi-capteurs) pour la quantification en ligne des débits de dose et des grandeurs thermiques associées, pour la caractérisation de rayonnements nucléaires ou/et atomiques et pour la mesure d'autres grandeurs (concentrations de gaz de fission, élongations/déformations). Les capteurs ciblés par exemple sont : calorimètres, détecteurs SiC et diamants, dosimètres, chambres à fission et à ionisation, compteurs proportionnels, collectrons, scintillateurs. Cet axe se déclinera en **études analytiques expérimentales en laboratoire, en travaux de modalisation pour le dimensionnement et l'optimisation des capteurs, et en tests et qualification de prototypes en réacteur de recherche**.

ii) Axe Electronique, durcissement et traitement du signal : Cet axe portera sur l'étude et l'analyse des **effets des radiations sur l'électronique** pour développer de nouvelles générations de composants électroniques miniaturisés à très haut niveau de fiabilité et durcis aux radiations, préférentiellement par des approches de type RHBD (**Radiation Hardening By Design**). L'accent sera mis sur le développement **d'interfaces électroniques** basées sur la conception de nouveaux circuits (circuits analogique BF et basse consommation) permettant le conditionnement des capteurs/détecteurs, le traitement du signal pour améliorer les performances des capteurs/détecteurs (discrimination/sélectivité, amplification, filtrage, ...). Les **effets de synergie** (forts flux, fortes doses cumulées, hautes températures, complexité de l'environnement radiatif en termes de composition et de spectre des particules) seront également étudiés de manière **expérimentale et par modélisation-simulation intensive**, notamment pour les technologies micro et optoélectroniques commerciales les plus récentes susceptibles de répondre aux performances élevées attendues.

iii) Axe Matériaux (inertes et combustibles) et structures : Cet axe concernera la conception et l'étude de **nouveaux matériaux** ainsi que l'étude et la caractérisation du **comportement des matériaux et structures** sous contraintes thermiques, mécaniques, nucléaires : i) **caractérisations mécaniques et acoustiques** pour la compréhension du comportement mécanique statique ou dynamique de ces derniers (du réacteur aux enceintes de confinement) ; ii) **méthodes de contrôle et caractérisations non destructives** pour l'étude et le suivi de l'intégrité des structures depuis leur mise en service jusqu'à leur démantèlement (contrôlabilité), ces techniques s'attachant à la compréhension des interactions ondes/matières, à leur **modélisation** et à leur mise en œuvre ; iii) **caractérisation de la photoluminescence** (mesures de radiations, sûreté nucléaire, NRBC) ; iv) **caractérisations thermochimiques** de matériaux inorganiques jusqu'à des hautes températures (compréhension des interactions et des équilibres entre phases pour la gestion des déchets ou des accidents type LOCA) ; v) **caractérisations et modélisations** pour la compréhension de **l'évolution de la microstructure** des combustibles sous irradiations (phénomènes d'interactions pastilles/gaines, corrosion, gonflement).

Ce volet permettra de conduire des **travaux de recherche inter-axes** pour réaliser des études en soutien au démarrage des expériences dans le RJH et à leurs évolutions (vieillesse accéléré, comportement des matériaux et combustibles sous irradiation de conditions normales à accidentelles). Ce volet aura également pour vocation **de développer des travaux prospectifs** impulsés par les **applications médicales du RJH**, et concernant l'étude des **radioéléments innovants (diagnostiques, thérapeutiques)** : des propriétés des matériaux originels (c'est-à-dire avant intégration dans le RJH) et jusqu'à leurs traitements/préparations post-irradiatoires.

Axes de recherche transverses :

L'institut s'attachera, par exemple par l'intermédiaire de l'organisation de workshops, à mettre en place **des activités transverses** entre les deux volets, en assurant une animation scientifique sur ces thématiques (workshops, séminaires...), et en **soutenant le montage de projets transverses**. Ces actions sont en pleine cohérence avec la création d'une Graduate School commune. Deux thématiques transverses sont d'ores et déjà clairement identifiées.

Un premier axe de recherche mutualisant et croisant les compétences présentes dans les deux volets sera créé. Il portera sur **l'instrumentation nucléaire pour la fusion**. Il pourra comprendre des travaux en instrumentation et détection nucléaires car l'environnement d'ITER, contrairement à celui des tokamaks actuels, sera irradiant (neutrons de fusion, activation). Dans ces conditions, il devient nécessaire de mesurer les mêmes grandeurs que dans des réacteurs à fission à la fois pour la surveillance de l'opération de la machine et pour des raisons liées à la sûreté. On peut citer à titre d'exemple, d'une part la mesure du débit de dose absorbée dans des matériaux utilisés en fusion et d'autre part la mesure/le contrôle des flux neutroniques au niveau de la couverture tritigène qui est primordiale en particulier pour la production du tritium in-situ. Dans ce cas, des travaux sur des détecteurs semi-conducteurs solides déjà étudiés dans le volet IEMN pourraient être accrus, et la question de la **transposabilité** des méthodes de mesure employées en fission va donc se poser (présence d'un champ B, vide ...) et fera l'objet de recherches spécifiques. Cet axe pourra être développé en collaboration notamment avec des partenaires actuels déjà impliqués en fission et fusion. Enfin des travaux sur d'autres capteurs et techniques de mesure pourraient compléter cet axe et être testés hors nucléaire dans la nouvelle plateforme HADES.

Un second axe transverse s'appuiera sur l'existence d'une forte composante de **simulation numérique** dans les études de fusion et de fission. Dans les deux, cas la méthodologie de comparaison simulation/expérience et de **vérification/validation (V&V)** est un point clé. Les équipes fusion possèdent par ailleurs une forte expérience HPC. Là encore la question de la **transposabilité** se pose, les problèmes et les contextes (outils académiques/industrie nucléaire) étant différents, mais l'institut commencera par établir un forum permettant d'échanger sur ces questions, et de construire une **culture commune**. Le développement d'installation nucléaire de fusion va nécessairement conduire à un rapprochement des exigences entre les deux communautés, au moins pour un certain nombre d'outils. La neutronique est par exemple très clairement une thématique de collaboration potentielle, puisqu'au-delà du fait que les problèmes de neutronique sont importants pour les machines de fusion comme ITER, la modélisation du gaz neutre (atomes, molécules) dans le plasma fait appel à des équations de transport très similaires et s'appuie sur des outils initialement développés pour la neutronique.

Formation

L'institut permettra de développer le volet formation par la recherche **en créant une Graduate School (GS)**. Les besoins en termes de formation pour les 2 volets étant différents et complémentaires, cette GS s'appuiera sur les masters déjà existants :

- Les activités de physique de plasmas, interaction plasmas paroi et diagnostics requièrent une formation de **physicien à dominante fondamentale et généraliste**, et s'appuient donc sur le master de physique, parcours physique et plus particulièrement sur la formation « **Sciences de la Fusion et des Plasmas** » (SFP) dans ce parcours, **ainsi que sur le *European Master of Science in Nuclear Fusion and Engineering Physics (Fusion EP) coordonné par AMU depuis fin 2018 (diplôme en partenariat international créé en 2016)***. De même, des **technologies clés** de la fusion (supraconducteurs, matériaux à hauts flux thermiques, générateurs de puissance) font l'objet d'enseignements dans le cadre de ces masters, compétences que les étudiants peuvent appliquer dans d'autres domaines de recherche ou dans des entreprises. Le master est **co-accrédité par l'INSTN** et intégré dans la **fédération nationale Formation aux Sciences des Plasmas et de la Fusion (FedSPF)** réunissant actuellement 13 établissements d'enseignement répartis sur quatre sites (Île de France, Aix-Marseille, Bordeaux, Nancy). La FedSPF vise à préparer des scientifiques et ingénieurs de haut niveau, français et étrangers, notamment européens, à l'exploitation scientifique et technique d'ITER. Le **rôle central joué par le site** dans la formation aux sciences de la fusion des étudiants de M2 se concrétise aussi par une période de regroupement (environ 37 étudiants au total par an) à Cadarache. La **spécificité du site** dans le cadre de cette fédération nationale est le couplage entre les **aspects de physique et de technologie des plasmas** et de la fusion, grâce à l'implication des partenaires locaux ECM, ENSAM, CEA/INSTN. Cette formation est donc attractive en particulier pour des **élèves ingénieurs visant un double diplôme**. Tous les ans, une partie de ces diplômés continue la formation par la préparation d'une thèse et obtient ainsi la double qualification ingénieur-docteur. Les enseignements du master européen Fusion-EP sont basés sur des cours du master de physique complétés par des projets à l'international (Prague) ainsi que des cours de langue et culture française. Les étudiants effectuent leurs deux années de master dans deux universités des 5 pays partenaires (Allemagne, Belgique, France, Espagne, République Tchèque). Un projet de master conjoint s'appuyant sur Fusion-EP sera déposé dans le cadre ERASMUS+ début 2019 (P. Beyer-AMU, R. Guirlet - CEA/IRFM) Les enseignements du master de physique sont dispensés en **anglais**. Sur les cinq dernières années, environ 11 étudiants par an ont suivi cette formation à AMU dont **30% d'étudiants internationaux** (45% en provenance de l'UE). 40% des étudiants suivent un double cursus ingénieur-Master. Sur **50 doctorants** ayant commencé une thèse dans la thématique de la fusion à AMU sur la période 2013 – 2016, 14 (28%) sont issus d'une formation de Master à AMU dont 10 (70%) du master de physique. En termes d'encadrement, la communauté compte environ 60 HDR (35 à l'IRFM, 25 dans les labos AMU/CNRS/ECM).

- Depuis sa création en 1985, la Filière Instrumentation (Filière de formation de Bac+3 à Bac+5 certifiée ISO 9001 depuis 2003) du département de Physique de la Faculté des Sciences interagit avec la DEN pour proposer des formations et diplômes répondant aux besoins scientifiques et techniques du domaine du nucléaire. Ainsi le **master Instrumentation, Mesure et Métrologie** (120 étudiants/an) comporte **4 parcours** (à coloration recherche ou professionnelle) dont **un co-accrédité par le CEA/INSTN** : Instrumentation des Moyens d'Essai pour le nucléaire (IME), les 3 autres étant Microcapteurs et Systèmes de Détection, Ingénierie en Instrumentation Industrielle, Commercialisation en Instrumentation Scientifique. Ce master, unique en France par sa thématique et ses caractéristiques, accessible par les voies de la formation initiale, l'apprentissage, la formation continue ou la VAE implique **16 intervenants CEA** effectuant plus de **200 h d'enseignements** en sciences et technologies nucléaires. Ce master bénéficie d'un **partenariat fort également avec EDF** (cible de l'accord cadre AMU-EDF) se traduisant par des bourses d'excellence, des visites d'installations, des interventions, des stagiaires/apprentis. Le master IME a formé plus de **250 diplômés** depuis sa création en 2004 qui se sont insérés de façon excellente soit après une poursuite en thèse soit par l'accès à un emploi (majoritairement en lien avec la filière nucléaire) directement à l'issue de la formation avec un taux moyen de **90 % à 18 mois sur les 10 dernières années**. L'équipe du master accentue actuellement le volet **internationalisation** par sa participation à la co-organisation d'**EFMMIN** et d'**ANIMMA** ainsi que par le développement de la **mobilité internationale sortante** en valorisant son réseau en recherche et en formation dont le Nuclear Reactor Laboratory du Département Nuclear Science and Engineering du MIT (projet MOBIL-APP déposé à AMIDEX, AAP Académie d'Excellence, en partenariat avec le CEA, EDF, MIT, JSI, NCBJ, CNESTEN, SCK-CEN).

La GS a pour objectif global de **renforcer l'attractivité internationale** des formations dans le périmètre de l'institut, en particulier au niveau master, par l'établissement de nouveaux partenariats⁸ ou la mutualisation de partenariats existants⁹. La GS s'appuiera sur des masters complémentaires, aussi bien au niveau des formations proposées que des débouchés, visant à la fois les laboratoires académiques/CEA et le secteur privé industriel. Cet environnement sera mis à profit pour permettre aux étudiants d'acquérir une vision systémique des filières fusion et fission. Les actions suivantes seront engagées à la fois au niveau master et doctorat :

Master :

i) **le développement d'un parcours international de M2** à coloration recherche, au sein du master IMM, dédié à l'instrumentation, la physique expérimentale, l'électronique, et la mesure pour les grands instruments dans le domaine de la fission et la fusion. Ce parcours de M2 en anglais d'un volume horaire de ~230 heures pourra avoir des modules mutualisés avec les autres parcours du master IMM (dont IME et MSD) et du master européen FUSION-EP, nécessitera des visites de grands instruments en France et/ou à l'étranger (RJH, ITER, WEST, RHF de l'ILL, ESS, BR2, MARIA) et des plateformes associées, comportera une UE Projet de recherche qui pourra être réalisé en « alternance » au sein des laboratoires impliqués dans l'Institut et UE Stage obligatoire en particulier dans les laboratoires de l'Institut et du CEA, dans les grands instruments nationaux et internationaux, ainsi que dans les plateformes et équipements associés à cet institut.

ii) **renforcer le caractère international** de la formation SFP au sein du Master physique, en parallèle de la montée en puissance du master européen FUSION-EP, qui de par sa construction (étudiants répartis sur 5 sites) ne sera pas suffisant pour atteindre l'objectif d'une vingtaine d'étudiants par an, cohérent avec la capacité de formation doctorale du site. Ces masters ont en effet vocation à former des physiciens avec une solide base fondamentale, et apporter en complément une formation aux sciences et technologies de la fusion. Des modules pourront être mutualisés avec le parcours international IMM décrit ci-dessus.

La GS visera également à augmenter **la mobilité internationale sortante** des étudiants des Masters, en collaboration avec EDF et des universités et centres de recherche partenaires. Débouchés visés : Doctorats dans les laboratoires d'AMU et du CEA, dans les infrastructures de gestion des grands instruments, Ingénieurs d'études et de recherche dans les institutions précitées ou leur sous-traitants.

- Doctorat : le développement de **programmes de formation courte** sur mesure **de haut niveau** (en cohérence avec l'action dédiée du **Schéma Directeur de l'Offre de Formation**) en anglais destinées tout particulièrement aux doctorants (mais ouvertes aussi aux chercheurs et aux professionnels), répondant aux besoins des équipes de recherche ou des entreprises d'innovation. Ces programmes seront associés à des séminaires scientifiques faisant intervenir des experts reconnus au niveau international.

Par ailleurs, la GS aura vocation à **étendre des actions existantes** telles que les écoles d'été (EFMMIN, ITER school, festival de théorie) en y associant les doctorants mais aussi à **collaborer** avec le CEA dans le cadre de **l'école du Sodium et des Métaux Liquides** et **l'école FJOH** Frédéric Joliot et Otto Hahn.

La GS pourra **être renforcée par une EUR**, qui permettra de développer des actions plus ambitieuses (financement de stages de master à l'international, de projets de recherche en laboratoire, de visites d'installations, de thèses –, de séminaires en invitant des scientifiques et experts nationaux et internationaux, d'événements permettant l'immersion des étudiants de master, d'écoles d'été,...). Le positionnement sera ajusté en fonction du cadrage de l'appel EUR.

Plateformes technologiques

Les activités expérimentales et numériques s'appuieront sur différents moyens expérimentaux disponibles dans les laboratoires universitaires et sur le site de Cadarache. **Outre les grands instruments** présents sur le

⁸ parmi lesquels MepHI, SkolTech, USTC Heifei, Assam Science and Technology University, Universités d'Osaka et Kyushu, Université de Lancaster

⁹ MIT, JSI, NCBJ, CNESTEN, SCK-CEN

site de Cadarache (ITER, WEST et le RJH), le CEA héberge également d'une part à l'IRFM **un ensemble de plateformes** dédiées à des tests ou des qualifications de composants (HADES, SATIR), les systèmes de chauffages (TITAN, DEIS), et d'autre part dans les départements de la DEN des plateformes fission : PLINIUS (sûreté, accidents graves), CINPHONIE (caractérisation de colis de déchets radioactifs) par combinaisons de techniques de mesures innovantes), POSEIDON (Thermohydraulique), PAPIRUS (technologies sodium), mais aussi un atelier de fabrication de chambres à fission, et des laboratoires chauds (LECA STAR). Les activités de l'institut s'appuieront également sur **les moyens expérimentaux** des laboratoires AMU impliqués et sur ceux des laboratoires communs (LIMMEX, REER, MISTRAL) ainsi que **sur des plateformes AMU** à vocation plus large, comme le **Mésocentre de calcul** pour le développement des codes massivement parallèles et pour la production sur des codes moins lourds, ou le **CP2M** pour les analyses de surface de composants. Les partenariats **avec EDF et l'IRSN** rendront également possibles l'accès aux **plateformes VeRCoRs** (EDF, maquette d'une double enceinte de confinement à l'échelle 1/3 qui peut être mise en pression afin de simuler son cycle de vie) et **ODE** (IRSN, ensemble de 64 corps d'épreuve en béton de type centrale de 8 m³ subissant des pathologies qui sont modélisés en termes de vieillissement, matériaux qui sont suivis et contrôlés par CND entre autres dans le temps, dans le cadre du projet ODOBA).

Relations avec le monde socio-économique et culturel

Les relations avec le **monde socio-économique** seront **amplifiées et diversifiées** afin de maintenir une très bonne insertion professionnelle de bac + 5 à bac+ 8 dans les domaines de la recherche, de la R&D et de l'industrie. Ceci sera effectué avec des partenaires aux niveaux national et régional déjà impliqués tels que :

- **EDF** : impliqué au niveau de la formation par la recherche à bac+ 8 avec des bourses CEA/EDF et des thèses dont des contrats CIFRE, à bac+5 par l'intermédiaire de bourses d'excellence attribuées annuellement à des étudiants du parcours IME pour des stages dans le domaine de l'énergie nucléaire et à l'international (centres nucléaires polonais NCBJ, marocain CNESTEN et le MIT), par le partenariat pour la mobilité sortante internationale, au niveau de la formation par l'accueil de stagiaires et apprentis, par des visites d'installations, par des interventions sous forme de conférences et enfin par le recrutement de diplômés (sur 10 ans en direct chez EDF : 10 stagiaires, 10 alternants et 8 embauches en CDI dans le domaine de l'instrumentation par exemple sans compter les intégrations chez ses nombreux partenaires et sous-traitants). Nous avons reçu un accord de principe du Délégué Emploi - RH EDF PACA pour une lettre de soutien qui nous parviendra à la suite de la transmission de cette lettre d'intention.
- **IRSN** : Cet établissement public d'expertise et de recherche sur les risques nucléaires et radiologiques regroupe sur son site de Cadarache plus de 200 chercheurs dans les domaines de l'environnement et de la recherche en sûreté. Les recherches sur les matériaux concernent les programmes sur le combustible, le confinement et le vieillissement des structures nucléaires. Dans le domaine des matériaux, l'IRSN et AMU ont déjà lancé en commun un certain nombre de collaborations, comme par exemple dans le génie civil avec les recherches menées en commun avec le LMA sur la plate-forme ODE (observatoire de la durabilité des bétons) de Cadarache ou sur les interactions plasma paroi en béryllium dans ITER. Les intérêts communs en matière de R&D et de formation entre l'institut et de l'IRSN permettront de développer et renforcer ces collaborations.
- **Les membres du conseil de perfectionnement de la Filière Instrumentation** composé de représentants de 29 entreprises¹⁰, d'un du CEA, d'un de l'INSTN, d'un de l'Union Patronale Régionale PACA, du responsable Emploi Formation MEDEF PACA, d'un représentant du CFA Epure Méditerranée et d'un de l'APEC, des responsables de formations de la Filière et des directeurs de laboratoire.
Et les partenaires internationaux associés ou en liaison avec les consortiums des grands instruments (ITER, RJH), les entreprises impliquées dans l'ingénierie et la construction des machines puis leur maintenance, leur équipement, leur qualification.

¹⁰ dont CEA, EDF, TECHNICATOME, IRSN, Naval Group, Airbus Helicopters, IPSEN, TOTAL, SNEF, SNEF Technologies, Arcelormittal, EXTIA, APAVE, SOFRESUD, SOFRESID, AUXITEC, EKIU, Société du canal de Provence, SBM Offshore...

Rôle prospectif et structurant

L'institut aura pour rôle de :

- **Soutenir les activités de recherche de chacun des volets** afin de renforcer leur positionnement sur la scène internationale. Pour les sciences de la fusion, il s'agit de poursuivre la stratégie de focalisation sur deux grands enjeux pour la fusion, la physique de l'extraction de puissance et des plasmas en combustion, en vue de l'exploitation d'ITER en accord avec la feuille de route établie en 2016. Cette feuille de route s'appuie sur trois piliers : Science, Technologie et Sureté et sera révisée sur une base régulière. Concernant le volet IEMN, il s'agit de regrouper et valoriser des compétences scientifiques pluridisciplinaires déjà reconnues à l'échelle nationale et internationale en instrumentation et mesure, en électronique, en sciences nucléaires, en matériaux, en mécanique et contrôles non destructifs pour le nucléaire afin de conduire des travaux de recherche compétitifs et de haut niveau pour répondre à des enjeux sociétaux liés à la filière nucléaire ; et de développer une forte synergie avec les équipes associées au RJH.
- **Renforcer l'attractivité du site** (étudiants, doctorants, chercheurs) en améliorant la visibilité/lisibilité des réseaux de collaborations existant et de la richesse de l'environnement scientifique. Ces actions sont nécessaires afin de tirer au maximum profit de la présence de grandes plateformes au CEA Cadarache et de l'arrivée de nouvelles plateformes de niveau international (ITER, RJH) dans la décennie à venir.
- **Mettre en lumière les collaborations AMU/CEA** en définissant une politique de signature commune pour les publications.
- **Renforcer les liens formation recherche et l'internationalisation** des filières par la **création d'une GS**, permettant également d'exploiter et de développer les complémentarités des formations existantes relevant du périmètre de l'institut.
- Exploiter et développer les **synergies entre les activités fusion et fission du site**. Développer de manière volontariste une vision systémique de la fusion sur le site, impliquant les SHS.
- Prospector et faire **émerger de nouvelles activités** de recherche sur les radioéléments à usage médical.

Modalités de pilotage

Le modèle de gouvernance sera calqué sur celui des EURs, et adapté à la structure de l'institut :

- **Un comité de pilotage** veillant à la cohérence des actions de recherche et formation de l'institut avec la politique de site. Ce comité sera constitué de représentants institutionnels des tutelles impliqués (AMU, CEA, CNRS, ECM), et contribuera à résoudre toutes difficultés entre partenaires dans la réalisation des objectifs de l'Institut. Le comité de pilotage peut constituer des comités d'experts internationaux indépendants pour le conseiller sur les aspects de stratégie scientifique.
- **Un comité directeur** destiné à entériner les objectifs annuels en termes de recherche et de formation, recevoir le reporting annuel de l'équipe de direction, faciliter la mobilisation des ressources nécessaires à la réalisation des objectifs. Le comité directeur sera constitué des directeurs des laboratoires impliqués, d'un représentant de la direction de l'IRFM et d'un représentant de la DEN du CEA, d'un représentant de la FR-FCM, des vice-doyens chargés de la recherche et de la formation de la Faculté des Sciences, du directeur du département de physique de cette Faculté, des directeurs des écoles doctorales impliquées, et des responsables des masters impliqués.

Le comité directeur lance l'appel à candidatures pour le poste de directeur, chercheur ou enseignant-chercheur d'envergure scientifique reconnue dans les UMR du périmètre de l'Institut, et propose au comité de pilotage **une équipe de direction**. Cette équipe de direction pourra être constituée d'un directeur, de deux directeurs adjoints recherche (issus de chaque volet) et deux directeurs adjoints (idem) chargé de la GS.

Institut des sciences de la fusion et de l'instrumentation en environnements nucléaires

ISFIN

Yannick MARANDET (PIIM) et Christelle REYNARD-CARETTE (IM2NP)

Réponses aux recommandations du board international

Recommandations synthétiques

Des opportunités majeures avec la présence en région de deux plateformes internationales (ITER & Jules Horowitz), ainsi que des organisations nationales et européennes reconnues depuis de longues dates (Fédération de Recherche Fusion par Confinement Magnétique - FR FCM -, Programmes Européens dédiés...), qui doivent être prises en compte dans le projet d'institut, ainsi que le contexte (inter)national sur la transition énergétique.

1. Le projet d'institut doit être repensé dans ce contexte national de transition énergétique en prenant en compte les enjeux sociétaux, notamment sur le thème du nucléaire

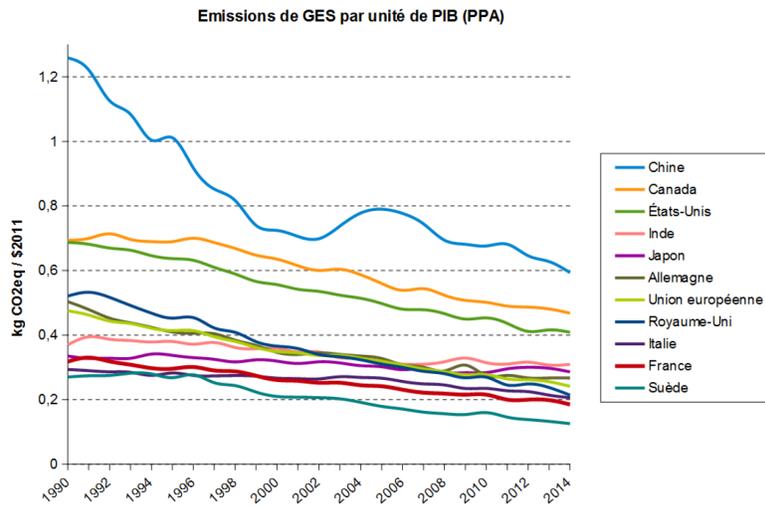
Un projet ambitieux et à fort impact sociétal en phase avec le contexte de transition énergétique

L'institut permettra aux partenaires du site d'afficher une ambition commune sur la problématique de la production d'énergie décarbonée et centralisée, pour laquelle le nucléaire joue un rôle clé sur la plan national et permet à la France d'être l'un des pays où la production d'électricité est la moins CO2 intensive. Les questions clés concernent l'évolution à moyen et long termes de la part du nucléaire dans le mix énergétique (l'objectif national étant 50% à l'horizon 2035, la question du renouvellement du parc des centrales électronucléaires se posant dans les années à venir), dans un contexte où la production globale d'électricité devrait croître pour accompagner la décarbonation de secteurs économiques s'appuyant à l'heure actuelle fortement sur les énergies fossiles (transport, habitat). Dans ce contexte de bouleversements majeurs, l'institut contribuera à apporter des réponses scientifiques à certains des défis posés par la transition énergétique (durée de vie des centrales actuelles par l'étude du vieillissement des matériaux, en particulier dans le réacteur RJH, démantèlement des installations en fin de vie) et travaillera à préparer la mise au point de l'énergie de fusion thermonucléaire aux côtés du projet international ITER et des réseaux nationaux (FRFCM) et européens. L'institut tirera partie des ressources du site pour porter une approche interdisciplinaire de ces questions techniques, intégrant les dimensions sociétales qui y sont intimement associées (droit, sociologie, ...), en lien avec les instituts travaillant sur des thématiques connexes. Ces enjeux scientifiques sont adossés à des défis économiques et industriels majeurs, et l'institut travaillera en lien étroit avec les acteurs industriels concernés à identifier les nouveaux besoins en termes de formation, en s'appuyant sur des acteurs comme l'agence ITER France et le pôle Capenergies.

Ces défis économiques et industriels s'inscrivent dans le contexte plus large de la transition énergétique, contexte que nous précisons ci-dessous.

La transition énergétique en France, un rééquilibrage mais des opportunités majeures pour les équipes du site.

En France, la lutte contre le réchauffement climatique (induit par la production de gaz à effet de serre dont environ 70% résulte de la consommation d'énergies fossiles au niveau mondial) s'est traduite par la mise en place d'une Stratégie Nationale Bas-Carbone, et plus spécifiquement dans le domaine énergétique par la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE).



Sources : Émissions de gaz à effet de serre hors UTCATF (CCNUCC – sauf Chine et Inde : WRI/CAIT) et PIB en \$ PPA internationaux constants de 2011 (Banque Mondiale).

Actuellement parmi les pays développés, la France est l'un des pays les moins carbonés grâce notamment à son programme électronucléaire important développé après le choc pétrolier de 1973 qui a conduit entre 1970 et 1999 à la mise en service de 58 réacteurs nucléaires sur 19 sites assurant ainsi 71,6 % de la part d'électricité nucléaire dans le mix électrique en 2017. Dans le cadre de la PPE, la France s'est fixée des objectifs pour réduire les émissions des gaz à effet de serre jusqu'à atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 (c'est-à-dire zéro émissions). Pour y parvenir, la PPE prévoit une montée en puissance très importante des moyens de production s'appuyant sur des énergies renouvelables intermittentes, une disparition progressive des sources d'énergie fossile carbonées, et une réduction de la part du nucléaire de fission à 50% d'ici 2035. Ceci implique l'arrêt de 14 réacteurs nucléaires d'ici à 2035¹. Cependant, la PPE identifie un certain nombre de points de vigilances et de recommandations pour le secteur nucléaire français. Ainsi la PPE stipule la nécessité de

- préserver une capacité de construction de nouveaux réacteurs nucléaires appuyés sur une technologie et des capacités industrielles nationales (expertises, R&D)
- n'aboutir à l'arrêt complet d'aucun site nucléaire²
- conserver la fermeture du cycle de combustible nucléaire en définissant et soutenant « un programme de R&D gardant en vue un éventuel déploiement industriel à l'horizon de la 2ème moitié du 21ème siècle d'un parc de réacteurs à neutrons rapides », mais aussi préserver la stratégie de traitement-recyclage du combustible nucléaire sur la période de la PPE et au-delà, jusqu'à l'horizon des années 2040 (moxage d'un certain nombre de réacteurs 1300 MW, multirecyclage des combustibles dans les réacteurs du parc actuel).
- d'engager la réalisation d'études jalonnées d'avant-projets d'ici la prochaine révision de la PPE permettant de mieux évaluer le potentiel des technologies de SMR (Small Modular Reactor) et de développer les compétences associées (sous réserve de résultats concluants sur les études de concept français qui seront rendus en 2019)

¹ dont les deux plus vieux réacteurs d'ici 2023 (Fessenheim-1, Fessenheim-2) en application du plafonnement de la puissance électronucléaire installée, et pour permettre la mise en service de l'EPR de Flamanville.

² sauf exceptions, en particulier liées à l'âge des installations (e.g. : Fessenheim).

- de structurer la filière de démantèlement

Par ailleurs, la PPE stipule que l'arrêt des réacteurs dépendra d'actions conduites en Europe, ainsi l'arrêt de deux réacteurs d'ici 2025-2026 (autres que Fessemheim-1 et -2) pourra avoir lieu uniquement : « si le critère de sécurité d'approvisionnement est respecté et si nos voisins européens accélèrent leur transition énergétique, réduisent leurs capacités de production à partir du charbon et développent massivement les énergies renouvelables, et que cela devait conduire à des prix bas de l'électricité sur les marchés européens, susceptibles de dégrader la rentabilité de la prolongation des réacteurs existants ».

Aux réacteurs de l'industrie du nucléaire est associé un grand nombre de réacteurs de recherche de différents types. En Europe, les Material Testing Reactors sont vieillissants et seront dans les prochaines années remplacés par le réacteur Jules Horowitz en cours de construction sur Cadarache.

A l'étranger, une politique de développement vigoureuse de la filière du nucléaire est appliquée dans plusieurs pays. 450 réacteurs nucléaires sont actuellement en opération et une cinquantaine sont en construction à l'échelle mondiale (en Turquie, en Russie, en Biélorussie, en Chine, aux Emirats Arabes Unis, au Bangladesh, en Inde, ...) et plus de 140 sont planifiés.

L'agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit également 1100 Milliards de dollars d'investissements dans l'énergie nucléaire d'ici 2040, permettant d'augmenter la production d'énergie nucléaire mondiale d'environ 46%.

Par ailleurs, plusieurs concepts de SMR sont investigués par différents pays tels que les Etats-Unis (plusieurs dizaines d'entreprises privées impliquées), le Canada et l'Argentine.

Au delà de la (première) transition énergétique : l'énergie de fusion

Les échelles de temps concernant l'énergie de fusion vont au-delà de la transition énergétique actuelle. En effet les résultats d'ITER sont attendus d'ici à 2040, et l'Europe comme ses partenaires internationaux se sont fixés comme objectif de mettre sur le réseau de l'électricité de fusion à l'horizon de la décennie 2050 (Démonstrateur DEMO), avec un déploiement industriel sur la seconde moitié de ce siècle (sur un calendrier similaire à celui envisagé avec les réacteurs à neutrons rapides). Avec la présence d'ITER, le site d'Aix-Marseille Cadarache est donc au cœur de cette aventure pour les 20 prochaines années, aventure qui contribuera à répondre aux défis majeurs qui se dessinent pour la seconde partie du siècle : augmentation de la population mondiale, concentration des populations dans des mégapoles, contexte de lutte contre les dérèglements climatiques et d'adaptation des sociétés, électrification massive des secteurs du transport et de l'habitat.

2. Renforcer la valorisation des thématiques qui différencient le site, ainsi que leur soutenabilité, durabilité : pour la fusion thermonucléaire apport & spécificité du site par rapport à la FR FCM, pour la fission nucléaire, positionnement et force du site par rapport aux grands centres nationaux

Sciences de la fusion

La FR-FCM coordonne les activités de recherche au niveau national, et constitue l'interface avec le programme européen sous EURATOM. Tous les acteurs de l'institut sont membres de la FR-FCM, et les UMR de physique/mécanique impliquées dans l'institut font partie de la fédération, à la fois à travers des projets portés par la fédération et des participations au programme européen Eurofusion. L'institut regroupe l'ensemble des forces en présence sur le site, qui représentent 1/3 des effectifs académiques au niveau national (1/2 en comptant le CEA), sous une même bannière. La présence d'installations de niveau international (WEST puis ITER) à Cadarache donnent naturellement au site un rôle central au niveau national,

et une visibilité internationale importante. Les équipes du site sont principalement positionnées sur trois des cinq grandes thématiques de la fédération (soit turbulence et transport dans les plasmas de bord et interactions plasma paroi, turbulence et transport dans les plasmas de coeur). Le site concentre en effet 70% des effectifs permanents hors CEA (75% en comptant les non permanents) dans les thématiques d'interaction plasma paroi et physique des zones périphériques du plasma, et 40% des effectifs permanents sur la thématique de turbulence et transport dans les plasmas de coeur (50% avec les non permanents). Les thématiques matériaux et systèmes de chauffage ne sont que très marginalement représentées (hors CEA). Les mathématiques appliquées, bien que représentées sur le site et bien intégrées, ne constituent également qu'une faible fraction des effectifs au niveau national. Cette analyse montre donc clairement que le site a une forte identité thématique, pour lequel il est un acteur clé à l'échelle internationale. Ceci se traduit par exemple par rôle important dans les projets qui préfigurent une action majeure de soutien aux actions de théorie/simulation/vérification/validation qu'Eurofusion travaille à mettre en place sur le prochain plan cadre. Les équipes du site pilotent ainsi l'un des trois projets sur la modélisation des plasmas de bord (impliquant l'EPFL, IPP Garching, CCFE Culham, ...), et ont joué un rôle moteur dans les deux autres projets financés sur cette thématique. Ces projets, couplés à l'opération de WEST, seule machine européenne capable d'étudier les interactions plasma paroi sur des temps pertinents pour ITER, visent à développer les outils qui seront utilisés pour préparer et interpréter les décharges d'ITER. Les actions menées ces 5 dernières années ont d'ores et déjà conduit à mettre en place des licences pour deux outils de simulation qui seront distribués par ITER, et feront l'objet de collaborations avec la Chine. Ils constituent donc un élément clé du positionnement des équipes en vue d'une participation efficace à l'opération d'ITER. Ces actions sont cohérentes avec les projets financés par A*MIDEX (projet émergence innovation). L'institut veillera également à accompagner la montée en puissance des aspects nucléaires de la fusion, ITER étant la première machine de fusion classée comme INB (installation nucléaire de base). Les efforts porteront en particulier sur la couverture tritigène et l'instrumentation associée, en lien étroit avec le CEA/DEN sur le centre de Cadarache. Ces activités pourront permettre d'obtenir des financements F4E (Fusion for Energy). Enfin, l'institut veillera à construire une réelle interdisciplinarité sur le site, en fournissant un cadre encourageant une implication accrue des SHS sur les thématiques de l'institut, la fusion constituant de plus une spécificité locale forte.

Ces thématiques sont bien entendues liées à des défis importants auxquels la communauté fusion est confrontée pour l'opération d'ITER, qui donne un horizon de 15 à 20 ans (les composants face au plasma seront installés en 2027 et la phase nucléaire d'ITER débutera en 2035). Elles s'inscrivent ainsi de manière claire dans la feuille de route Européenne vers l'électricité de fusion.

Instrumentation en environnements nucléaires

Depuis de nombreuses années les UMR du site ainsi que la Filière Instrumentation ont construit un partenariat fort avec le centre de Cadarache du CEA dans le domaine de la fission en ciblant des thématiques majeures pour répondre à des enjeux liés à l'industrie nucléaire d'aujourd'hui et du futur à moyen et long termes et pour répondre à des besoins impulsés par le projet du Réacteur Jules Horowitz qui démarrera en 2023 et remplacera les autres MTR européens dans le futur.

Les thématiques majeures en recherche sont :

- l'instrumentation et la détection nucléaire (de l'élément sensible du capteur/microcapteur/détecteur jusqu'au durcissement de l'électronique)
- la caractérisation de matériaux et structures incluant un volet de contrôle non destructif

Ces thématiques de recherche regroupent 45 membres de deux UMR (IM2NP et LMA) et 80 membres du CEA (Direction de l'Energie Nucléaire, 3 départements DER, DEC, DTN). Ces deux thématiques majeures ont acquis une renommée ces dix dernières années grâce à une structuration commune entre les UMR et le CEA, leur conférant un positionnement national et international. A titre d'exemple de structuration nous pouvons rappeler :

- le laboratoire commun LIMMEX créé en 2010, faisant l'objet d'une convention tripartite AMU-CEA-CNRS 2018-2024 et dédié à l'Instrumentation et la Mesure en Milieux EXtrêmes. Laboratoire unique à l'échelle nationale. Il n'a tout d'abord comporté que des programmes de recherche en support aux Réacteurs de recherche en Fission (ZPR, MTR : Réacteur Jules Horowitz), et a été étendu en 2018 au domaine de la fusion. La mesure d'énergie déposée par interaction rayonnement matière constitue un point fort de ce laboratoire. Le laboratoire possède un leadership au niveau international par rapport à des travaux de recherche conduits par d'autres centres nucléaires tels que le NCBJ, le SCK-CEN et JSI. Ce positionnement est dû à l'approche complète développée couplant travaux expérimentaux et numériques en conditions de laboratoire et en conditions réelles en réacteurs de recherche, et aux moyens expérimentaux conçus à façon ces dernières années. Ainsi AMU et le CEA, outre une activité de publication commune, a déposé deux brevets relatifs à des cellules calorimétriques compactes et à des détecteurs semiconducteurs SiC dopés au Bore.
- la conférence internationale ANIMMA biennale créée conjointement entre AMU et le CEA en 2009 impliquant la société savante internationale IEEE NPSS, le centre nucléaire Belge SCK-CEN et maintenant l'Institut Slovène Josef Stefan (JSI). Cette conférence possède à l'échelle internationale la particularité de traiter de l'instrumentation dans plusieurs domaines (physique fondamentale, fusion, réacteurs de recherche, réacteurs de puissance, environnements, médecine, démantèlement, cycles, sécurité, sûreté, éducation) contrairement à d'autres conférences plus spécialisées telles que IEEE NSS-MIC.
- plus récemment, le laboratoire commun MISTRAL (Modeling, Inspection and characterization of materials and STRuctures for Advanced Low carbon energie) (AMU-CEA-CNRS-ECM) créé cette année (et qui définit une partie de notre interface avec l'institut de mécanique).

Ces thématiques bénéficient de la complémentarité des équipes en termes de compétences et du potentiel expérimental exceptionnel du centre de Cadarache, les rendant incontournables au niveau national et très compétitives au niveau international. Les laboratoires du site associés à l'Institut possèdent des compétences scientifiques permettant de conduire des travaux expérimentaux et de modélisation numérique de haut niveau à caractère fondamental impliquant différentes disciplines telles que la physique, la mécanique, la thermique, la thermodynamique, l'acoustique, l'électronique, la microélectronique, les matériaux ...

De plus, le centre de Cadarache est le centre de recherche du CEA dédié aux études sur les énergies décarbonnées : fission (de Gen II à Gen IV), fusion, solaire, biomasse (2ème et 3ème générations). Outre cette spécificité, il se différencie des autres centres par l'accueil de nombreux moyens expérimentaux lourds/majeurs tels que les réacteurs expérimentaux de fission et de fusion, des plateformes et des installations expérimentales ainsi que des laboratoires accrédités. Au fil des années, les moyens expérimentaux liés à la fission nucléaire ont été regroupés en Région PACA. Ainsi le futur réacteur d'irradiations RJH impliquant un consortium international, et remplaçant en France le Material Testing Reactor OSIRIS basé à Saclay et arrêté fin 2015 et à terme les MTR Européens vieillissants, est en cours de construction sur Cadarache. Le centre de Cadarache abrite des plateformes expérimentales de recherche uniques en Europe (voire au monde) pour les études liées aux accidents graves (Plinius2, Verdon...), des installations en actifs pour les études sur les combustibles irradiés et matériaux activés, (LECA), des installations expérimentales dédiées aux études et recherches pour les réacteurs de future génération, des laboratoires et installations expérimentales d'expertise nationale pour les super-contrôles dédiés aux colis de déchets radioactifs, à leur caractérisation radiologique et physique (installation Chicade) comprenant des équipements tels que des générateurs de neutrons, des accélérateurs d'électrons, des tomographes gamma. Il accueille également le réacteur CABRI pour des études liées à la sûreté. Par conséquent, avec ces moyens expérimentaux, le centre de Cadarache se différencie des autres centres de recherche par les travaux

scientifiques et les études technologiques conduits pour les besoins des études des réacteurs, du combustible, de sûreté et pour le contrôle NRBC par mesures nucléaires non-destructives.

3. L'institut doit développer sa vision, son ambition à moyen terme au regard de son environnement exceptionnel

L'institut vise à réaliser pleinement les potentialités du site liées à l'arrivée de deux installations majeures qui vont lui donner un rôle unique au monde dans la fusion et l'instrumentation nucléaire. Réaliser ce potentiel passe par l'ambition de se positionner comme leader sur des thématiques clés sur lesquelles le site est déjà bien impliqué, en s'appuyant d'abord sur les réseaux européens puis mondiaux. Atteindre ces objectifs nécessitera un pilotage actif et une activité soutenue de prospective permettant d'ajuster le positionnement et d'anticiper les inflexions scientifiques et l'évolution du contexte (à titre exemple, les modalités d'exploitation d'ITER sont encore en construction et les opportunités de collaboration avec les équipes du site vont fortement augmenter avec le passage dans la phase d'exploitation).

Un « **advisory committee** » sera mis en place pour conseiller le comité de pilotage sur les orientations stratégiques de l'institut.

L'environnement de l'institut va fortement évoluer à moyen terme, avec le démarrage du RJH en 2022/2023, le premier plasma d'ITER fin 2025 puis à plus long terme le passage en phase nucléaire (opération en deutérium/tritium) en 2035. Cependant, il est à noter que des flux neutroniques substantiels seront produits dès le début de l'opération en deutérium, et que par conséquent les aspects nucléaires seront bien présents dès 2030. Plus largement, l'institut évoluera bien entendu en phase avec les changements liés à la transition énergétique.

Les grands objectifs de l'institut sont naturellement construits en cohérence avec ce calendrier, et se situent en partie dans la continuité des actions actuelles, mais visent également à tirer partie des synergies entre les compétences fusion et fission pour se positionner sur de nouvelles thématiques à l'interface.

A l'horizon de **5 ans**, les objectifs sont donc les suivants :

Recherche:

- piloter le développement des outils européens de simulation numérique pour les plasmas de bord, progresser dans le développement des outils nécessaires à la simulation des plasmas en combustion. Ces deux aspects s'appuient fortement sur notre positionnement actuel dans le programme européen Eurofusion, et sur une intégration réussie dans le schéma de financement ambitieux de ces activités actuellement en cours de mise en place pour le prolongement d'Eurofusion dans Horizon Europe.

- s'intégrer pleinement dans les activités sur les modules de couverture tritigènes (TBM), en renforçant les collaborations IRFM/DEN/AMU sur cette thématique et en particulier sur l'instrumentation nucléaire. Le CEA est à l'heure actuelle déjà positionné sur ces activités, mais le potentiel de montée en puissance sur cette technologie clé de la fusion est important.

- proposer et qualifier de l'instrumentation innovante (miniaturisation et rupture technologique) pour des mesures en ligne dans le RJH et contribuant à un positionnement concurrentiel de ce MTR par rapport à ceux toujours en fonctionnement en Europe, en s'appuyant sur les actions en cours.

- formaliser un accord avec le Nuclear Reactor Laboratory du MIT, en s'appuyant sur le projet CALOR-I d'AMIDEX

- développer des modèles et outils numériques (notamment en couplant les trois échelles macro/méso/micro), et des outils expérimentaux (CND, SHM, Thermochimie) pour comprendre, prédire, contrôler le comportement de structures et de matériaux et de défauts dans la continuité des recherches actuellement menées et en les étendant à la fusion

- tirer partie de l'implication des SHS sur les thématiques de l'institut, pour construire des projets véritablement inter-disciplinaires.

- Formation

- Promotions de 20 étudiants sur les thématiques plasmas de fusion (Master Européen FUSION-EP - renforcé par le programme "Erasmus Mundus Joint Master Degree", poids accru dans le réseau national FedSPF – Fédération formation aux sciences des plasmas et de la fusion, formation SFP au sein du master de physique), avec un noyau d'étudiants internationaux.

- création et montée en puissance du parcours international d'instrumentation des grandes installations nucléaires dans le master IMM (~12 étudiants) avec l'intervention de personnalités internationales dont issues du MIT

- mettre en place les éléments de formation pluridisciplinaires au niveau de la Graduate School, aussi bien au niveau master que doctorat, en s'appuyant sur une approche d'« apprentissage par problème » (Etude de cas en groupes pluridisciplinaires), en particulier en lien avec le master de droit de l'énergie. Cette approche pourra aussi faire l'objet d'actions communes avec d'autres instituts impliqués sur des thématiques connexes.

- Renforcer et articuler entre elles les écoles d'été dans le périmètre de la Graduate School: Festival de Théorie, ITER School, EFMMIN. Introduire dans l'Ecole EFMMIN une thématique sur l'instrumentation nucléaire pour les grands instruments en fission et fusion, introduction de thèmes liés au nucléaire pour l'ITER School.

- Aspects Socio-économiques

- mettre en place une politique scientifique avec EDF et l'IRSN pour définir des sujets de thèses d'intérêt commun et leur financement (par ex. Eurofusion pour l'IRSN, dans la continuité des actions en cours).

- créer et faire fonctionner la cellule « Progrès Scientifique et Technologique »

A l'horizon de 10 ans, au niveau recherche, nous visons à :

- l'intégration de nos outils de simulations dans le système d'ITER, et à une participation active à la préparation et l'analyse des expériences s'appuyant sur la maîtrise de ces outils, et l'expertise acquise avec l'opération de WEST.

- devenir un acteur incontournable de l'instrumentation des modules tests de couverture tritigènes d'ITER, être positionné sur cette technologie pour DEMO et/ou CFETR en Chine.

- concevoir de nouveaux dispositifs d'irradiations et l'instrumentation associée pour conduire de nouvelles expériences dans le Réacteur Jules Horowitz

- être bien positionné sur les problématiques liées au démantèlement

- proposer des modèles incertains pertinents appliqués au comportement de structures, et développer

les méthodes numériques permettant de prendre en compte cette nouvelle dimension en préservant des coûts de calcul raisonnables

Au niveau de la formation, nous visons à positionner le site comme le hub européen visible à l'international sur les thématiques de fusion et d'instrumentation nucléaire dans toutes leurs dimensions, aussi bien techniques que sociétales. Il s'agit de développer une attractivité permettant d'attirer un noyau d'étudiants internationaux brillants, aussi bien par la qualité de la formation proposée que par les liens établis avec le CEA, ITER-IO et plus largement le monde socio-économique, via l'Agence ITER France et le pôle Capenergies en particulier.

4. Répondre aux remarques pour chaque thèmes (recherche, formation...)

Les réponses aux différentes remarques sont détaillées dans la suite.

Formation

1- Dans le contexte national sur le thème de la transition énergétique, le programme de la Graduate School doit être construit suivant une approche très interdisciplinaire et sociétale

Au delà des aspects scientifiques et techniques qui constituent la base de la formation des étudiants de la Graduate School, le contexte national et international de transition énergétique requiert en effet de porter une attention particulière aux aspects sociétaux, et nécessite de construire une approche interdisciplinaire. Il est en effet important de former les étudiants aux aspects sociétaux des énergies nucléaires, mais aussi et de manière plus ambitieuse de les informer – voire de les associer - aux réflexions/recherches menées sur ces thématiques dans le cadre des SHS. De même il est important que des étudiants d'autres masters (droit de l'énergie, environnement, sociologie ...) puissent être exposés à certains aspects scientifiques et techniques dans le domaine de la Graduate School. Ce type d'approche permettra par exemple de conférer à ces étudiants un rôle de facilitateurs/interfaces entre leurs futurs employeurs (grandes collectivités, établissements d'enseignement supérieur, ...) et des acteurs industriels. Un autre aspect important concerne les questions d'inter-culturalité, puisque les étudiants formés ont vocation à s'insérer dans des activités de recherche/R&D autour de grandes installations internationales.

De manière concrète, la Graduate School proposera une unité d'enseignements, mutualisée entre les différents parcours des masters de la GS (Master IMM, Master fusion-EP, formation SPF au sein du master physique), intitulée « nucléaire et société » comportant des séminaires traitant d'un même sujet par différentes communautés (Sciences, SHS). Ces enseignements concerneront à la fois le master et le doctorat. Ils porteront sur des aspects du nucléaire (controverses, cycle des déchets, construction de scénarios énergétiques, prolifération, applications médicales, production de radioéléments...) et seront assurés en lien avec l'INSTN et le CEA pour la partie « sciences et techniques » - mais bénéficieront également d'un éclairage par des intervenants SHS et industriels.

De plus, le nouveau parcours international du Master IMM relatif à l'instrumentation et aux sciences expérimentales pour les grands instruments du nucléaire qui sera créé à court terme dans la GS, assurera une formation aux aspects liés à l'interculturalité et la négociation internationale (Unité d'enseignement dédiée), auxquels ses étudiants pourront être fortement exposés. Nous avons d'ores et déjà un accord de principe d'Anne-Marie LIENART de la Faculté des Arts, Lettres, Langues et Sciences humaines (coresponsable du Master Études Européennes et Internationales et responsable de son parcours Négociation internationale et interculturelle (MASNI), ~~Laboratoire LEST~~) pour travailler sur le choix et la

définition de modules dédiés aux cultures, interculturalité et négociation internationale et constituer une équipe d'enseignants et intervenants extérieurs (notamment des diplômés du parcours MASNI). Nous avons également l'expression de l'intérêt de Jane Dunphy (Senior Lecturer, director of MIT's English Language Studies program, School of Humanities, Arts, and Social Sciences, Department of Global Studies & Languages, MIT) pour réaliser des séminaires et/ou workshops dans ce parcours. Un certain nombre de sujets d'intérêt ont été identifiés avec Mme Dunphy:

- (Inter)cultural Intelligence: What Every Professional Needs to Know
- Cultural Patterns & Variability: Communicating Effectively in the Global Workplace
- Communication Strategies for Intercultural Teamwork
- Designing and Delivering Effective Sponsor Talks
- Global Writers-Global Readers
- Less is More: Style and Substance in Writing up Research
- Strategic Communication: The Case of the Abstract

Cette unité d'enseignements ainsi que ces séminaires/workshops seront également ouverts aux étudiants des autres parcours des masters de la GS et à ses doctorants et post-doctorants.

Au-delà de ce travail visant à élargir la vision des étudiants de la Graduate School, celle-ci mettra en place des projets pluridisciplinaires (« apprentissage par problèmes »), sur lesquels travailleront en équipe des étudiants de la GS et des étudiants d'autres masters (droit, sociologie, environnement, ...), en particulier du Master de sciences humaines et sociales, mention sociologie, et du parcours « droit de l'énergie » du master droit international et droit européen. Ce dernier fait l'objet d'une convention de partenariat avec l'INSTN, offre une formation de haut niveau sur les problématiques juridiques liées à l'exploitation et l'utilisation de l'énergie répondant aux besoins de la recherche et des industries de l'énergie. Ce parcours permet d'appréhender le droit de l'énergie sous tous ses aspects (droit européen, international et interne, droit public/droit privé, couvrant l'ensemble des filières énergétiques : électricité, gaz, nucléaire, énergies fossiles et énergies renouvelables), tout en le combinant à une ouverture pluridisciplinaire offrant des éclairages économiques, géopolitiques et financiers. Le parcours compte 32h d'enseignement en droit du nucléaire, essentiellement assuré par des enseignants du CEA via l'INSTN. Sans affecter directement le parcours "droit de l'énergie", la Graduate School servira d'interface et de facilitateur sur les aspects pluri-disciplinaires pertinents (ex. : visites de sites tels que le chantier ITER, le réacteur RJH, éclairage scientifique à destination des étudiants de droit...).

Ces projets pourront être construits de façon commune avec les autres instituts impliqués sur des thématiques connexes (transition environnementales, imagerie pour la biologie et la médecine, sociétés en mutations, ...)

2- L'institut doit être pouvoir identifier les nouveaux métiers et mettre en place les cursus "professionnalisant" pour former les futurs étudiants

Le contexte général de transition énergétique décrit précédemment, avec un rééquilibrage de la place du nucléaire en France à l'horizon 2035, va nécessairement induire des mutations en matière de métiers et d'emploi. De même, la finalisation de la construction d'ITER et du RJH puis leur exploitation donnera lieu à des évolutions de métiers qu'il convient d'anticiper. L'institut évoluera dans le contexte socio-économique « macroscopique » de la filière nucléaire en France, pour laquelle un travail de prospective nationale est mené de façon régulière. De même, l'agence ITER France (AIF), en charge des engagements français pris dans le cadre traité ITER, a une mission de développement économique du territoire et effectue en particulier un travail de prospective sur la question de l'évolution des métiers. L'institut devra donc mettre en place des partenariats permettant de s'intégrer dans ces réflexions (création d'un

Conseil stratégique Emploi Formation), d'en extraire les points pertinents pour son champ d'action, et d'impulser les évolutions nécessaires au niveau de la formation. Dans ce qui suit, nous commençons par donner des éléments globaux résultant de ces travaux de perspectives, afin d'illustrer le propos.

Un contexte général : des besoins de recrutement très importants dans un secteur nucléaire en mutation

Le rapport du 19 février 2019 de Laurence Parizot, missionnée par le gouvernement pour le plan de programmation des emplois et des compétences dans le cadre de la Transition Énergétique et Écologique, fait état du fait que l'industrie nucléaire constitue le plus gros pourvoyeur de la filière électrique avec au total 220 000 emplois (ETP) directs et indirects (étude réalisée par le Comité Stratégique de la Filière Nucléaire en 2014, et corroborée par l'Union Française de l'Électricité en 2017).

EMPLOIS DIRECTS ET INDIRECTS RECONSTITUES

	EDF DPI	CYCLE	CEA	DCNS+TA	ING/CONSTR	TOTAL
NORMANDIE						28359
	7299	10352		1588	9120	
HAUTS DE FRANCE						10561
	5486	4125			950	
CENTRE VAL DE LOIRE						15250
	8600	2850			3800	
ILE DE FRANCE						58950
	35000	7500	2400	750	13300	
GRAND EST						11300
	6000	1500			3800	
BOURGOGNE FRANCHE - COMTE						9500
	4000	0			5700	
AUVERGNE RHONE ALPES						37070
	18800	12000			6270	
PACA						18185
	5000	5775	4000	750	2660	
OCCITANIE						13300
	2500	3000	4000		3800	
NOUVELLE AQUITAINE						6250
	4000	2250				
PAYS DE LA LOIRE						1550
	800	750				
BRETAGNE						950
					950	
TOTAL FRANCE	97485	50102	10400	3088	50350	211225

(Rapport PARIZOT 2019 : SFEN, PriceWaterhouseCoopers 2011 - Le poids socio-économique de l'électronucléaire en France, Comité Stratégique de la Filière Nucléaire 2016 - Cartographie de la filière nucléaire française, EDF DPI 2016 - Empreinte emplois 2015 de la production et ingénierie)

La répartition de ces emplois dans les principaux secteurs et par région montre notamment que 18 000 emplois sont concernés en région Sud Provence Alpes Côte d'Azur. De plus l'emploi du nucléaire bénéficie d'une grande dynamique sur la décennie actuelle avec 8 000 emplois à pourvoir chaque année à tous les niveaux et sur tous les métiers concernés (SFEN – Nucléaire et Sociétés, 12/11/2018). Ces recrutements permettent de palier les départs à la retraite de la génération des « bâtisseurs » de l'électronucléaire et sont nécessaires face aux projets en cours et ceux à venir ; on citera notamment le programme actuel d'EDF « Grand Carénage » de maintenance des 32 réacteurs 900 MW du parc français. Même si une baisse des emplois liés aux centrales nucléaires en France est attendue à l'horizon 2030, les installations toujours en exploitation, les nouvelles installations (notamment l'EPR) et la filière du démantèlement la compenseraient en partie, en la ramenant à moins de 7%. Au niveau Européen, la filière nucléaire correspond aujourd'hui à 800 000 emplois ; si les projets de construction de réacteurs décrits plus haut voient le jour, ce nombre pourrait être augmenté de 350 000, ce qui constitue un vivier conséquent de postes durables. Le maintien en fonctionnement des centrales nucléaires en toute

sécurité, le démantèlement et la gestion des déchets radioactifs nécessitent de pouvoir recruter de la main d'œuvre qualifiée de très haut niveau. Former et recruter des cadres dans les métiers très variés du nucléaire constitue un véritable enjeu d'autant que les entreprises et structures demandeuses du secteur (EDF, Orano, CEA, TechnicAtome, ...) considèrent la situation comme critique.

A l'échelle de l'institut : prospective sur les métiers et réactivité des formations

Afin d'identifier auprès des organismes et entreprises du nucléaire leurs besoins en termes d'acquisition et de développement de compétences dans le domaine et les thématiques majeures de l'institut, il est prévu de mettre en place un **COncil StrAtégique Emploi-Formation (COSEF)**. Sa mission sera notamment d'identifier et d'anticiper les mutations professionnelles dans le cadre du champ d'activité de l'institut et de faire des propositions d'évolution ou de création de nouveaux diplômes ou formations courtes / sur mesure pour s'adapter aux nouveaux emplois, anticiper et accompagner la reconversion des entreprises et territoires impactés. Le chantier d'ITER impliquera par exemple des changements d'échelles entraînant de nouveaux besoins en matière de support technique et logistique au sens large. Ce comité comportera des industriels sélectionnés pour leur rôle stratégique d'envergure dans la filière nucléaire, leur implication dans des technologies fusion (en particulier ITER), ou leur place de spécialistes en instrumentation et mesure : EDF, IRSN, SNEF, ORANO, TechnicAtome, ONET-Comex nucléaire, CAEN, Thermocoax, RMD tech, Assystem, Mirion, SETARAM, SPIE nucléaire, Bertin Technologie, CNIM ... Il comportera aussi des représentants de sociétés savantes telles que IEEE NPSS, SFEN, ENEN et des fédérations et branches professionnelles (MEDEF, Syntec, UIMM, APEC, ...), et enfin du pôle CAPENERGIES et de l'agence ITER France (AIF). L'AIF anime en particulier le réseau C2I (Comité Industriel ITER), dont le rôle est de faciliter les partenariats en informant les entreprises de l'avancement du projet, et de renvoyer une information fiable, anticipée et adaptée aux industriels français avec le point d'orgue des IBF (Iter Business Forum).

Pour répondre aux besoins ainsi identifiés, l'institut pourra :

- s'appuyer sur plusieurs diplômes à coloration professionnelle permettant de couvrir un spectre large d'activités en instrumentation (étude et ingénierie en instrumentation, contrôle-commande, acquisition, métrologie, moyens d'essai, commercialisation d'instrumentation scientifique) et à coloration recherche (microcapteurs et systèmes de détection, fusion, physique du plasma, instrumentation pour les grands instruments)
- concevoir des formations courtes sur mesure comme déjà effectué pour des métiers en tension et pour plusieurs niveaux
- continuer à pratiquer la Validation des Acquis de l'Expérience afin que des salariés puissent notamment se repositionner dans le secteur du nucléaire ou dans un autre secteur du fait de la transversalité de l'instrumentation.

Recherche

1- Identifier les thématiques majeures

Le projet d'institut est construit sur deux piliers, la physique des plasmas de fusion par confinement magnétique et l'instrumentation nucléaire qui est une thématique transverse fusion/fission. L'institut permettra ainsi de positionner le site sur des grands enjeux liés à la transition énergétique dans le domaine du nucléaire. Les travaux conduits permettront ainsi à la fois de conserver/accroître une

expertise dans le domaine de la fission nucléaire (instrumentation, caractérisation, CND) et de la physique des plasmas de fusion mais aussi de se positionner sur la nucléarisation de la fusion, à l'œuvre dans le projet ITER qui est la première installation de fusion à être considérée comme une INB (Installation nucléaire de base). Dans la suite nous explicitons donc les thématiques majeures de ces deux piliers, ainsi que les nouvelles thématiques à l'interface que cette structuration permet d'aborder. La question de l'instrumentation nucléaire en fusion est évidemment centrale, en particulier pour les éléments permettant de tester la régénération du tritium, mais de part son périmètre l'institut sera également naturellement bien positionné sur des questions liées à la gestion des déchets et au démantèlement des installations de fusion.

En ce qui concerne les plasmas de fusion thermonucléaire, l'institut fera porter ses efforts sur deux des grands enjeux de physique et de technologie d'ITER :

- i) la physique des interactions plasma paroi au sens large, incluant la physique des plasmas de « bord »
- ii) le confinement et la stabilité des plasmas en combustion, i.e. en présence de particules alpha suprathermiques résultant des réactions de fusion.

Ces deux thématiques s'appuient bien entendu sur des aspects de diagnostics des plasmas (mesures de flux thermiques sur les parois, spectroscopie, ...). Le tokamak WEST, clairement dédié aux aspects liés aux interactions plasma paroi sur des durées longues, donne une visibilité internationale particulière au site, qui regroupe 70% (hors CEA) des permanents sur cette thématique au niveau national (80% incluant le CEA). Les études menées sur ces thématiques vont de la compréhension des mécanismes fondamentaux à l'œuvre dans les interactions plasma paroi, aussi bien du point de vue expérimental que celui théorique, à la modélisation numérique de la turbulence dans les zones périphériques des plasmas. La seconde thématique regroupe 40% des permanents au niveau national (hors CEA, 80% incluant le CEA) et est appelée à se développer dans les 10 années à venir (les expériences pertinentes sur ITER auront lieu dans la phase nucléaire, qui commencera en 2035).

Les aspects de calcul numérique HPC sont essentiels pour ces deux thématiques, et les équipes impliquées possèdent une compétence reconnue dans le domaine (le code GYSELA étant par exemple l'un des codes utilisés pour tester les nouveaux supercalculateurs). La taille des simulations nécessaires pour répondre aux questions physiques pertinentes a nécessité de développer des approches innovantes. Un aspect novateur actuellement exploré concerne par exemple le développement des techniques d'intelligence artificielle visant à accélérer les simulations HPC et permettre un stockage et une exploitation optimisée des résultats de simulation, en se focalisant sur les données pertinentes pour l'analyse physique. En effet, les volumes de données brutes produits par de telles simulations sont tels qu'ils peuvent être très difficiles à exploiter sans prétraitement. De plus, certains des outils numériques développés pour la fusion vont être amenés à contribuer à des études de sûreté, en lien avec l'IRSN, ce qui va rendre nécessaire un travail approfondi sur la quantification des incertitudes. L'expertise acquise par le CEA/DEN sur ces questions en fission sera précieuse.

Du point de vue technologique, le point clé est l'implication du site dans le développement d'éléments de couverture tritigène pour ITER (et DEMO), permettant le renouvellement du tritium par réaction des neutrons de fusion sur du Lithium. La démonstration de ces technologies est une des missions clé d'ITER, qui testera des maquettes très fortement instrumentées (mesures de doses, échauffement ...), basées sur l'utilisation de métaux liquides. Il existe donc des synergies très importantes avec les études menées sur GENIV (sodium liquide). Cette thématique est relativement nouvelle sur le site, en phase avec le développement de ces éléments qui seront testés pendant la phase nucléaire (après 2035), mais appelée

à monter fortement en puissance dans les années à venir. De manière plus générale, l'instrumentation nucléaire concerne également la structure de la machine, pour laquelle il est essentiel de caractériser les doses reçues (et donc le vieillissement).

En ce qui concerne l'instrumentation et la caractérisation en environnements nucléaires, les thématiques majeures sont :

- l'instrumentation et la détection nucléaire (de l'élément sensible du capteur/microcapteur/détecteur jusqu'au durcissement de l'électronique)
- la caractérisation de matériaux et structures incluant un volet de contrôle non destructif

Ces thématiques initialement développées dans le cadre de la fission, seront étendues le cas échéant à la fusion, en sont en phase avec les demandes de l'Autorité de Sûreté du Nucléaire (ASN). Celles-ci imposent trois défis pour la sûreté nucléaire et la radioprotection : anticiper afin de prendre en compte les délais longs de validation dans le nucléaire, maintenir des marges de sûreté et mobiliser la filière nucléaire pour maintenir et développer les compétences. Le développement de nouvelles instrumentations, de nouveaux matériaux, et de nouvelles méthodes de caractérisations doit conduire à faire des mesures en temps réels dans des conditions sévères. Celles-ci permettront d'une part d'appuyer les recherches théoriques et expérimentales du comportement de la structure, du matériau et du combustible et d'autre part de faire le suivi et l'évaluation de paramètres clés et de chaque élément de la chaîne de production d'énergie. Les objectifs des deux thématiques sont parfaitement intégrés à ces attentes avec notamment le contrôle, la maîtrise, la prédiction du comportement et du vieillissement des installations, la maîtrise des opérations de maintenance et la gestion des déchets dans le cadre du démantèlement par exemple. Le Réacteur Jules Horowitz par sa capacité expérimentale exceptionnelle (conditions expérimentales, et nombres d'expériences simultanées) constituera un outil précieux pour les avancées dans ces domaines (vieillesse accéléré de matériaux, comportements de combustibles sous irradiations, études en conditions normales, incidentelles et accidentelles).

Les travaux cibleront ainsi :

- **La conception de capteur/détecteur/électronique pour la mesure en ligne en réacteur (de recherche notamment) et le contrôle de paramètres clés**
 - **Pour la Fission**

La mesure en ligne de paramètres physiques, thermiques, nucléaires est capitale dans trois cas de figures. Le premier cas de figures correspond à de la qualification des canaux expérimentaux préliminairement à l'intégration d'expériences afin d'être en mesure de fournir les conditions expérimentales soit pour le dimensionnement d'expériences pour les scientifiques, soit pour le choix du canal par les clients. Le second cas de figures concerne l'instrumentation des expériences embarquées (dispositifs d'irradiations) dédiées aux études du vieillissement accéléré des matériaux et du comportement des combustibles sous irradiation. L'intégration de nouveaux capteurs et de détecteurs permettrait de suivre des grandeurs clés en temps réel contribuant une meilleure compréhension des phénomènes complexes couplés (et non post-irradiation avec une information intégrée). Le troisième cas de figures porte sur le contrôle des éléments de structures du réacteur pour suivre leur vieillissement.

Quel que soit le cas de figures, les enjeux scientifiques résident dans le fait de proposer des capteurs et détecteurs de plus en plus miniaturisés (microcapteurs, rupture technologique), de plus en plus performants malgré des conditions extrêmes accrues (en termes de caractéristiques métrologiques, en

termes de durcissement aux rayonnements nucléaires) ainsi que des systèmes multi-capteurs redondants, sélectifs, multi-physiques. Ces travaux demandent une approche complète couplant à la fois des activités expérimentales en conditions de laboratoire pour les phases de conception et d'études et d'étalonnage avec le développement de banc d'études ad hoc à façon et en conditions réelles avec des qualifications lors de campagnes d'irradiations et à la fois des travaux de modélisations couplés (thermique, électronique, interactions rayonnement-matière).

○ **Pour la Fusion**

Dans la phase nucléaire d'ITER (à partir de 2030), différentes grandeurs similaires à celles présentes en réacteur de fission (flux, activation, dose et débit de dose, échauffement nucléaire, dpa) devront être quantifiées dans d'autres conditions et environnements (radiations, température élevée, champ magnétique). A titre d'exemple, on peut citer les besoins en termes de mesure de flux neutroniques. En effet, il sera nécessaire d'effectuer une surveillance continue de ces flux pour contrôler la production de tritium dans les TBM (couverture tritigène) qui conditionneront le maintien de la réaction deutérium-tritium et donc du processus de fusion/plasma. La mesure du rendement en neutrons étant effectuée sur le lieu de production du tritium, de nouvelles contraintes/conditions sont à considérer pour le développement de nouveaux détecteurs (semi-conducteurs par exemple). Un autre enjeu réside également dans la mesure de l'énergie déposée par interactions rayonnement matière. De nouveaux détecteurs miniaturisés en local pourraient supplanter des mesures basées sur des bilans enthalpiques globaux.

• **Prédiction et interprétation de comportements**

La réalisation, l'amélioration de modèles associés à différents éléments au sein des réacteurs (matériaux, fluide) sont capitales pour prédire, interpréter et comprendre des phénomènes et ainsi apporter des réponses dans le cadre de la sûreté de fonctionnement, la gestion des accidents, la longévité, et la conception de nouveaux systèmes ...

L'institut mènera des travaux sur :

- le développement de modèles et outils numériques pour le comportement de réseaux périodiques de tubes flexibles sous écoulement
- le couplage des trois échelles macro/méso/micro dans le cas par exemple du contact grille/gaine pour déterminer plus précisément le comportement global (assemblage sous écoulement fluide) de la structure et le comportement local (endommagement de la gaine via ses interactions avec la pastille et ses interactions au niveau des grilles maintenant les crayons de combustible)
- la modélisation des écoulements (diphasiques, en déséquilibre de vitesses et température, bouillants) soit pour des situations accidentelles (débits critiques au niveau de brèches, temps de dépressurisation du cœur du réacteur, crise d'ébullition), soit pour un fonctionnement optimal (flux critiques, régimes)
- la modélisation de la combustion du sodium avec l'eau liquide, sujet important pour les réacteurs de 4eme génération ainsi que le démantèlement des réacteurs anciens
- la détermination de données thermochimiques expérimentales (des fonctions thermodynamiques, diagrammes de phases), sur des systèmes chimiques mal connus (sous-systèmes clés, binaires et/ou ternaires, des systèmes complets toujours multiconstitués et multiphasés et comprenant un très grand nombre d'éléments) qui sont nécessaires dans la prédiction des conséquences éventuelles lors d'accidents nucléaires graves avec fusion du cœur (intégration dans des modélisations complètes des sous-systèmes concernés).

- **Contrôle de structures/enceintes/ouvrages/pièces**

Les Evaluations Non Destructives développées en laboratoire sont transférées vers des mesures sur les enceintes appliquées en Génie Civil à travers le PIA ENDE. Un axe de développement important pour les années à venir est leur capacité à caractériser les matériaux et à détecter les défauts. Trois verrous importants existent à ce jour. L'institut y travaillera dessus :

- la détection de la position des zones endommagées dans une structure de grandes dimensions (enceintes de confinement, conteneur de stockage de déchets radioactifs) par analyse modale linéaire et non linéaire
- La quantification des pathologies développées à cœur sur ces zones identifiées par la mise en œuvre des techniques linéaires et non linéaires (très sensibles) pour générer des cartographies 3D de l'état de santé du matériau
- le suivi en temps réel des ouvrages s'appuyant sur les bruits naturels ou industriels pour analyser régulièrement le comportement de la structure et détecter des déviations. Le Structural Health Monitoring, en plein essor en France et à l'international, nécessite le développement d'instrumentation spécifique fiabilisé dans le temps voire pour certains dans un environnement radioactif conséquent.

Dans la perspective de la phase opérationnelle d'ITER (fin 2025) et de sa sûreté de fonctionnement un axe stratégique pour le CND (Contrôle Non Destructif) et le SHM (Structural health monitoring) est de proposer des méthodes de contrôle et de surveillance pendant la phase d'opération. L'objectif est de développer une méthode exploitant les ultrasons laser qui permet le contrôle sans interrompre le vide dans la chambre à vide. Cette méthode permet aussi de faire un contrôle sans risquer de polluer le plasma. Une première étape consistera à montrer la faisabilité de détecter les endommagements recherchés avec une source laser. Une deuxième étape consistera à développer un outil spécifique comme l'IVVS (In-Vessel Viewing System) qui est un système robotisé 3D permettant l'inspection visuelle. La dernière étape consistera à valider le diagnostic en condition opérationnelle. Un tel développement offrira aussi de nouvelles perspectives pour le CND en service des réacteurs de fission.

- **Gestion des déchets, en particulier dans le cadre du démantèlement**

Avec le début de démantèlement des centrales nucléaires les plus anciennes, les flux de déchets, leur diversité et les problématiques liées à leur traitement et leur stockage vont prendre une importance croissante. Le système chimique constitué des produits de fission issus des combustibles usés et des additifs de vitrification compte plus d'une quarantaine d'éléments. Suivant la composition des déchets et des matrices vitreuses de confinement, des phénomènes complexes comme des séparations de phases dans le liquide verrier ou le verre, la précipitation de phases cristallines de diverses natures, sont susceptibles de se produire et d'affecter à la fois le procédé de vitrification et la durabilité des colis de déchets. Ainsi, l'étude thermodynamique de nombreux systèmes chimiques encore mal connus mettant en jeu ces produits de fission ainsi que l'étude thermodynamique des verres sont indispensables pour une analyse fine et une compréhension de ces phénomènes. Du point de vue expérimental, de nombreuses données thermodynamiques manquantes devront être déterminées et des avancées en termes de modélisations thermodynamiques des verres borosilicatés seront à mener. De plus, les équipes de l'institut s'intéresseront également aux spécificités des déchets issus des installations de fusion, qui ne produisent pas des déchets à très longue durée de vie, mais par contre produisent des déchets tritiés. Ce point est en interface avec le projet d'institut sur la transition environnementale

(projet H2020 TRANSAT), et est bien évidemment d'intérêt pour l'IRSN également.

2- Préciser la répartition des Enseignant-chercheurs/chercheurs par thématiques majeures

La répartition des Enseignants-Chercheurs/chercheurs par thématiques est précisée dans le tableau ci-dessous.

Thématique	ETP (UMR AMU/CNRS/ECM)	ETP (CEA)
Interactions plasma paroi	26 dont 5 CNRS et 1 ECM	39
Plasmas en combustion	18 dont 5 CNRS	25
Instrumentation et détection nucléaire	20 dont 1 CNRS	55
Matériaux, structures	25 dont 5 CNRS et 3 ECM	25
Sciences Humaines et Sociales	4	-
Total	93	144

Intégrer dès à présent les SHS dans le projet

Au niveau recherche, deux unités SHS du site (LAMES, DICE) ont rejoint le périmètre de l'institut (cf. courriers en annexe). Pour chacune de ces unités, le nombre de permanents concernés est limité (4 en tout), mais leur participation s'appuie sur des chercheurs/enseignants chercheurs bien identifiés, qui ont travaillé sur des thématiques liées à l'énergie, et plus particulièrement l'énergie nucléaire, au sein du PR2II énergie. L'institut fournira un cadre stable dans lequel inscrire ces recherches, ainsi qu'un soutien permettant le développement de ces thématiques et leur intégration dans des projets pluridisciplinaires et/ou interdisciplinaire, à l'échelle de 5 à 10 ans. Ce travail de construction de projets communs s'appuiera également fortement sur la formation par la recherche. L'expérience d'enseignement en « apprentissage par problème » qui avait été montée pour le parcours nucléaire du Master énergie en 2012 s'est en effet révélée très positive : cela faisait se rencontrer des chercheurs de mondes différents (disciplines, institutions...) dans l'accompagnement d'étudiants eux-mêmes issus de mondes différents (école d'ingénieur, université dans différentes disciplines). Les complémentarités de regard se sont avérées centrales, pensées par les enseignants en amont et amplifiées dans la pratique du voisinage.

La prise en compte d'une dimension SHS dans la Graduate School a été décrite dans le paragraphe formation. Celle-ci intègre également une dimension sur l'interculturalité, dimension qui a donné lieu à plusieurs colloques conjointement organisés par AMU et l'Agence ITER France (AIF), et qui sont à l'interface avec les thématiques de l'institut Méditerranéen pour la transition environnementale.

Les thématiques de recherche développées dans le cadre de cet institut sont présentées ci-dessous, cette liste n'ayant pas vocation à être exhaustive.

L'UMR DICE développe un axe de recherche « Droit, Science et Technique ». Les mutations énergétiques font partie des thématiques étudiées dans cet axe de recherche, dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire portée par le PR2I Energie. Les chercheurs/enseignants chercheurs de DICE pourraient contribuer aux activités de l'institut sur les questions touchant aux aspects juridiques de la transition énergétique, incluant la réglementation des activités nucléaires, la réglementation applicable aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique.

Des chercheurs du LAMES sont impliqués de longue date dans des programmes touchant aux questions nucléaires dont certains peuvent bénéficier à l'institut, notamment dans l'analyse des liens entre les installations nucléaires et leur territoire d'implantation et dans l'analyse des conditions de l'innovation de long terme dans ce secteur à haute technologie et à investissements considérables. D'autres peuvent gagner à être renforcés par un dialogue avec les sciences et techniques, comme autour des questions à enjeux de sécurité industrielle (place de l'homme dans l'organisation du travail de pilotage des installations, d'entretien et de démantèlement) ou des questions d'impacts sanitaires et environnementaux (exposition radiologique, déchets...). L'UMR LAMES est à l'heure actuelle impliquée dans plusieurs projets autour de questions liées au nucléaire (NUXELO, Nucléaire et Société Locale ; METROPOLITIN Métrologie politique des déchets industriels en Europe, TREPENCA Territoire de la Production d'Energie non carbonée). Le projet NUXELO s'appuie sur la projection d'archives d'un feuilleton romanesque produit dans les années 1960 à l'occasion de l'installation du centre de Cadarache à des personnes ayant été confrontées à cette arrivée du nucléaire sur leur territoire, afin de susciter des récits allant au delà de simples représentations abstraites ou du recyclage plus ou moins conscient de discours prêt à penser sur le sujet. Le projet Metropolitin, financé dans le cadre du PIA3 s'intéresse en particulier à la question des déchets à très faible activité (TFA) issu du démantèlement des installations de fission. La gestion de ces produits de démantèlement constitue ainsi un enjeu fort et crée une pression sur les filières de valorisation de ces matières et sur la capacité des installations de stockage pour ceux qui sont rangés dans la catégorie institutionnelle de déchets ultimes TFA. Le projet propose d'interroger le rôle de l'information dans la catégorisation et dans la gestion de ces déchets : comment l'information sur les déchets de démantèlement, par essence extrêmement divers, est-elle actuellement produite, mise en circulation, utilisée, comprise ou contestée ? Comment les déchets sont-ils mesurés, qualifiés, normalisés, investis de valeur et pratiqués par les différents acteurs de la filière du démantèlement ? Le projet TREPENCA a été conçu dans une perspective socio-historique et comparative entre France et Italie vise à éclairer certaines dynamiques sociales autour des enjeux énergétiques en Europe méridionale. Ce faisant, il questionne plus largement les relations entre établissements industriels et territoires environnants. Le LAMES a également été impliqué dans le projet interdisciplinaire PASSIVITER financé par A*MIDEX sur les aspects de sûreté nucléaire liés à la production de poussières dans les installations de fusion.

Innovation

Une cellule "Progrès Scientifique et Technologique" doit être créée afin de valoriser vers la société l'ensemble des travaux scientifiques

Une cellule "Progrès Scientifique et Technologique" sera créée durant la première année d'existence de l'institut. Cette cellule aura deux missions principales i) effectuer une veille scientifique et initier/accompagner les transferts de spin-offs de recherches scientifiques et technologiques vers l'industrie (en lien avec le réseau européen FUTTA2 par exemple³) ii) assurer un rôle de communication

³ Fusion Technology Transfert Activity 2, projet EURATOM en lien avec l'ESA TTPO qui a mis à disposition son réseau de « brokers ».

et d'information du grand public, apporter un éclairage scientifique sur la transition énergétique et le rôle du nucléaire dans son contexte.

Cette cellule pourra effectuer une veille scientifique et technologique notamment dans le cadre de la transition énergétique afin d'identifier des actions transverses interdisciplinaires entre les thématiques majeures de l'institut. Elle pourra également servir de support dans l'organisation d'actions aux interfaces avec les autres instituts. Elle sera en charge de l'organisation d'une journée par an à destination du grand public pour présenter les actions de l'institut tant en recherche et formation, et organiser des présentations/tables rondes sur la transition énergétique. Elle travaillera également à identifier d'autres actions telles que stands lors de conférences, d'écoles et lors d'événements comme « La nuit Européenne des Chercheurs ». Elle pourra également interagir avec le pôle de compétitivité CAPENERGIES, l'agence ITER France (AIF), et d'autres structures (SATT) pour le montage de nouveaux projets collaboratifs avec des industriels du secteur de l'énergie. L'AIF pilote en particulier le réseau welcome around ITER ([W@I](#)) et organise l'ITER Business Forum. Enfin, elle pourra aussi assurer un lien avec les diplômés de la Graduate School (suivi insertion, réseau/mise en relation, diffusion).

International

Définir une stratégie internationale en termes de partenariats.

La stratégie internationale développée par l'institut sera au service de ses ambitions en recherche et formation : i) devenir l'acteur européen leader des aspects interactions plasma paroi essentiels pour ITER, renforcer son expertise dans la compréhension des plasmas en combustion, se positionner sur les aspects nucléaires de la fusion, conforter sa position dans le domaine de la mesure en ligne en réacteur de recherche en l'étendant à la fusion nucléaire, devenir un acteur majeur pour les membres du consortium du RJH. ii) Devenir le hub européen de formation sur la fusion par confinement magnétique et leader dans la formation sur l'instrumentation en particulier des grandes installations nucléaires.

La stratégie internationale s'appuie en premier lieu sur les réseaux européens des équipes formant l'institut, qui sont déjà très développés, à la fois du point de vue recherche et du point de vue formation. Au niveau recherche, les réseaux fusion et fission se recouvrent partiellement puisque certains participants au programme Eurofusion ont des activités nucléaires (KIT, SCK-CEN, JSI). KIT est en particulier fortement impliqué sur la question des couvertures tritigènes pour ITER et DEMO.

L'institut, en appui de la FR-FCM, travaillera à soutenir et développer le leadership actuel du site sur les activités de modélisation des zones périphériques du plasma et des interfaces (projets impliquant en particulier l'EPFL, CCFE, IPP Garching, KUL), et la validation de ces outils sur WEST et les autres machines européennes. Cette action de l'institut pourra bénéficier d'un levier de financement important au niveau européen, avec la mise en place d'outils de soutien ambitieux à ces activités dans le plan cadre Horizon Europe. Un LIA France/Japon structure depuis 2007 une collaboration sur la physique des plasmas de fusion soutenue avec les équipes du NIFS, ainsi que des universités d'Osaka et de Kyushu. Ces collaborations pourront se renforcer avec le démarrage de [JT60-SA](#) à partir de 2022 d'une machine supraconductrice de la taille de JET financée dans le cadre de l'approche élargie d'ITER (partenariat Europe/Japon), qui explorera en particulier les régimes de confinement avancés pertinents pour l'étude des plasmas en combustion. Les collaborations avec les Etats-Unis sur la physique des plasmas, la modélisation des plasmas de WEST et les diagnostics seront poursuivies, mais il s'agit ici cependant plus

d'une coopération, avec un aspect plus opportuniste de part et d'autres.

Au delà de ces partenariats bien établis avec des acteurs majeurs de la fusion au niveau international, le développement de collaborations avec la Chine est un enjeu très important pour les 10 années à venir. La Chine consacre en effet de très gros moyens à son programme de recherche national sur la fusion, avec deux tokamaks en opération (EAST, et HL-2M) et le projet CFETR (China Fusion Engineering Test Reactor), de taille comparable à ITER et destiné à valider des technologies clés de la fusion. Ces collaborations sont amenées à monter en puissance, en particulier dans le cadre de SIFFER (Sino-French Fusion Energy center, porté par le CEA et le MOST, <http://www.siffer.science>). Des collaborations s'établissent par ailleurs sur les outils de modélisation des plasma de bord/interactions plasma paroi en vue du design de CFETR, et deux licences en copropriétés (CEA/AMU/CNRS/ECM) sont en cours d'établissement afin de permettre l'utilisation de ces outils par les équipes chinoises, outils mis à disposition dans le cadre de l'accord ITER. Les acteurs principaux à l'heure actuelle sont SWIP (Chengdu) et ASIPP à Hefei, où se trouve également USTC, Université avec laquelle nous souhaitons établir un partenariat en enseignement.

Concernant le domaine de la fission, l'institut renforcera dans les 5 ans ses liens avec les partenaires Européens tels que le centre nucléaire Polonais NCBJ, le centre nucléaire Belge SCK-CEN, l'Institut Slovène Josef Stefan, le KIT mais aussi le MIT (Etablissement cible hors réunion européenne d'AMU), l'Université Mohammed V (UM5, Université partenaire zone prioritaire d'AMU) et le centre nucléaire Marocain CNESTEN tant au niveau formation que recherche. Le développement de partenariats sera important pour réaliser des études intercomparées ou non en conditions réelles, ces partenaires possédant des réacteurs avec différentes caractéristiques (ZPR, MTR, TRIGA, Boucles en réacteur), et pour bénéficier de leur expertise dans le cadre de la création du nouveau parcours international (et effectuer des visites le cas échéant).

Aux niveaux européen et américain, ce renforcement s'appuiera sur des actions passées (programme ISMART) et en cours telles que les projets A*MIDEX qui permettront la mise en place d'accords ad-hoc

- MOBIL-APP (12/2018-11/2020), Projet lauréat de l'Académie d'excellence, dédié à la mobilité sortante d'apprentis du master IMM, porté par AMU, en partenariat au niveau Français le CEA, EDF, le CFA Epure Méditerranée et en partenariat au niveau international avec le NRL du MIT, le NCBJ, le JSI, le CNESTEN et le SCK-CEN
- CALOR-I (2019-2021), Projet lauréat de l'AAP International, dédié à l'étude et l'irradiation de capteurs calorimétriques innovants dans le réacteur MITR du MIT, porté par AMU, en partenariat avec le CEA et le Nuclear Reactor Laboratory du MIT

Les actions collaboratives avec le MIT permettront de cibler d'autres acteurs américains au travers par exemple du Nuclear Science User Facilities (NSUF) du DOE (US Department of Energy) constitué de 21 partenaires: universités, centres et laboratoires nucléaires et un industriel (Westinghouse), et incluant des universités prestigieuses telles que the Massachusetts Institute of Technology, the University of California - Berkeley, the University of Michigan, the University of Wisconsin, the University of Florida, the Illinois Institute of Technology, North Carolina State University, Ohio State University, Purdue University, Texas A&M University, and the University of Nevada - Las Vegas.

Ce renforcement s'appuiera également sur la conférence ANIMMA impliquant le JSI, IPFN, le SCK-CEN et le réseau de la société savante IEEE NPSS. Un chapitre dédié à l'instrumentation et la détection nucléaires en cours de création au sein de IEEE NPSS sera un excellent vecteur de communication, de

rayonnement.

Au niveau méditerranéen, ce renforcement sera possible dans le cadre de la convention quadripartite AMU-CEA-CNESTEN-UM5 dédiée à l'Instrumentation et les Mesures Nucléaires, déjà validée par la DRI et actuellement dans sa phase finale (aspects juridiques). Cette convention prévoit notamment le lancement d'activités de recherche, des échanges d'étudiants et d'enseignants, et des échanges dans le cadre de la formation continue et initiale pour le développement de modules délocalisés.

Au niveau formation, AMU est porteur du master européen Fusion-EP depuis 2018, impliquant 8 partenaires dans 5 pays, ainsi que 13 partenaires associés en Europe, dont ITER-IO, et 5 partenaires hors EU). Les équipes du site cherchent à renforcer ce partenariat, avec un projet de master conjoint Erasmus+ déposé début 2019 (8 partenaires⁴). La Chine, l'Inde et la Russie seront des partenaires majeurs, avec lesquels des partenariats existent déjà et d'autres sont en discussion. Enfin, le bassin méditerranéen est également un enjeu du point de vue de la formation, et le CEA mène des actions volontaristes vers la Tunisie, le Liban, l'Arabie Saoudite.

Mettre en place une politique RH d'attractivité étudiants et chercheurs (ERC...) sur les thèmes majeurs

L'institut mettra en place une politique de mobilité entrante à plusieurs niveaux, et en utilisant plusieurs leviers.

Premièrement, dans la Graduate School des bourses de master, attribuées sur critères académiques, seront mises en place. Le niveau master est en effet identifié comme le maillon le plus perfectible en termes d'attractivité d'étudiants internationaux. Pour accroître cette attractivité la GS soutiendra la création du parcours international dédié à l'Instrumentation des grands instruments du nucléaire, en particulier par des bourses de stage et la prise en charge de visites d'installations.

Toujours au niveau M, l'institut soutiendra également la poursuite de l'action lancée, grâce au projet MOBIL-APP de l'Académie d'Excellence d'AMIDEX, dédiée à la mobilité sortante d'apprentis du master IMM vers des acteurs du nucléaire possédant des grands instruments.

L'institut pourra financer des bourses de thèse et des post-docs en mobilité entrante sur ses thématiques majeures. Au niveau doctoral, cela pourrait passer par le redémarrage du système de bourses CEA/AMU, grâce à une coordination accrue au niveau juridique/administratif. L'institut travaillera avec EDF et l'IRSN pour cibler des sujets de thèses stratégiques et pouvant donner lieu à des montages de CIFRE, des bourses Région (cf. partie Liens avec le monde socio-économique). L'institut travaillera également avec ITER-IO pour définir des sujets de thèses d'intérêt commun, bénéficiant ainsi d'une attractivité accrue. Enfin, au niveau doctorat, l'institut contribuera au développement du partenariat avec le MIT en finançant des sujets de thèse communs impliquant par exemple des irradiations au sein du MITR

Au niveau post-doc, au delà des postes directement financés par l'institut pour piloter sa politique scientifique (3/an semble un minimum souhaitable pour assurer un impact réel), une stratégie de recrutement sera mise en place en fonction des différents guichets visés, notamment au niveau européen : Eurofusion (bourses de chercheurs ou ingénieurs Eurofusion, bourses Marie Curie ouvertes à EURATOM sur le prochain plan cadre). Certaines activités pourront également être soutenue dans le

⁴ AMU (coordinateur), INSTN, Université de Lorraine, Czech Technical University (Prague) Universidad Carlos III (Madrid), Universidad Complutense (Madrid), Universiteit Gent, Universität Stuttgart.

cadre du schéma des ITER Project Associates (IPA), en accord avec le projet de MoU en cours de finalisation entre AMU et ITER-IO. Ce schéma permet à ITER de (co-)financer des personnels travaillant sur le projet, sur des thématiques d'intérêt commun avec les laboratoires du site. Un premier projet de ce type est d'ores et déjà en cours de montage.

Le positionnement des équipes de l'institut sur les ERC est plus difficile, puisque ceux-ci ne sont pas ouverts aux domaines financés par EURATOM. Cependant, l'expérience montre que certains projets non centrés sur la fusion ont été financés ces dix dernières années (3 à notre connaissance). La tactique consistant à proposer ce type de projets (par exemple avec des projets orientés principalement sur les applications de l'intelligence artificielle sur les simulations HPC, ou sur des problématiques communes avec l'astrophysique) sera poursuivie, potentiellement en interface avec d'autres instituts, et à plus long terme le travail de lobbying engagé auprès d'Eurofusion et de la commission pour lever cette restriction sera poursuivi (le blocage étant de nature budgétaire).

L'approche volontariste de l'institut sur les mobilités entrantes ne peut bien évidemment pas être déconnectée de la question de la stabilisation des meilleurs éléments sur des postes permanents, et donc des politiques de recrutement des laboratoires impliqués. L'institut mènera un travail de prospective, mis à jour régulièrement, en lien avec les laboratoires, visant notamment à identifier les thématiques à renforcer (importance stratégique, départ à la retraite de chercheurs/enseignants clés), pouvant par exemple faire l'objet de chaires A*MIDEX.

Liens avec le monde socio-économique

1- Valoriser et quantifier les apports des industriels en relation avec les thèmes scientifiques majeurs

Le développement de technologies pour les installations de fusion, aussi bien WEST au CEA Cadarache qu'ITER impliquent fortement des partenaires industriels. Les réalisations techniques nécessaires (composants de paroi et interfaçage avec la boucle de refroidissement, antennes radio-fréquences pour le couplage de puissance) requièrent très souvent le développement de techniques allant au-delà de ce que les industriels maîtrisent. Les solutions technologiques sont dans ces cas co-développées entre les équipes de l'IRFM par ex. et les industriels concernés. Ceux-ci gagnent ainsi en savoir faire et peuvent ensuite se positionner sur d'autres contrats, aussi bien dans le périmètre fusion (ITER,...) que sur d'autres applications. Ce positionnement est facilité par l'agence ITER France, via en particulier l'ITER Business Forum qui se tient tous les deux ans. Le budget de la phase I du projet de WEST (transformation de Tore Supra en WEST) est de 24M€ sur la période 2013-2016, et le budget de maintien en condition opérationnelle de WEST est de l'ordre de 4M€/an. A titre d'exemple, l'IRFM coordonne le consortium responsable de la fourniture du diagnostic Infra Rouge/visible à visée équatoriale d'ITER, consortium qui implique activement Bertin technologie (1 à 2 ETP/an consacré aux détecteurs et à leur blindage) et le CEA/DEN (neutronique), pour un coût total d'environ 50M€. Ce positionnement sur les mesures infra rouge résulte de l'expérience développée sur l'infra rouge sur Tore Supra en particulier, en collaboration avec l'IUSTI.

Les détecteurs et capteurs étant souvent développés pour le RJH spécifiquement afin de conserver un leadership sur la mesure en ligne par rapport aux autres réacteurs de recherche internationaux, il n'y a pas de commercialisation à ce stade. Cependant, les développements technologiques liés à la réalisation des différents dispositifs d'irradiations et de l'instrumentation associée fait intervenir différents industriels intervenants dans les études et la fabrication tels que KN-System, Thermocoax, Soterem ou des partenaires du consortium du RJH (EDF, FRAMATOME, TECHNICATOME). En termes de ressources relatives au RJH, les activités instrumentation, caractérisation

et mesure comprenant aussi bien la conception/développement des dispositifs d'irradiation que les détecteurs et capteurs les équipant occupent 15 ETP côté CEA. Pour ce qui est des achats/commandes/dépenses associés, cela s'élève à environ 200 M€ engagés en France dont les principales régions concernées sont : PACA, Aquitaine, Rhône-Alpes, Ile de France. Les dépenses et engagements à l'international sont difficiles à chiffrer car elles comprennent des contributions en nature.

Par ailleurs concernant les activités liées à la fission, deux partenaires socio-économiques ont effectué des lettres de soutien : EDF et IRSN. Concernant EDF, différentes actions sont déjà conduites telles que côté CEA : thèses cofinancées CEA/EDF, programmes CEA/EDF ; et côté AMU : accueil de stagiaires/apprentis, versement annuel de taxe d'apprentissage, VAE effectuées, recrutements, bourses de stage sur critères d'excellence ou sociaux, et visites de site. Nous nous appuyerons sur la convention AMU-EDF d'application relative à l'Instrumentation signée le 2 mai 2019 pour poursuivre ces actions déjà menées et en lancer des nouvelles liées par exemple à la présentation des métiers d'EDF, aux enjeux énergétiques, à la diffusion de stages/apprentissages/emplois, à l'étude de nouvelles collaborations recherche, et l'étude de la contribution d'EDF à l'Institut, ... Après la création de l'Institut, nous avons convenu d'échanger avec EDF pour identifier des sujets d'intérêts communs sur les capteurs et la détection pouvant donner lieu à des financements de thèse sous forme de CIFRE par exemple. Nous pratiquerons également de la sorte avec l'IRSN qui nous a exprimé son soutien par son courrier. Des développements et des renforcements de collaborations ont été identifiés tels que dans le domaine du vieillissement des structures nucléaires avec les recherches menées en commun par exemple sur la plate-forme ODE de Cadarache (observatoire de la durabilité des bétons).

2- Identifier les partenaires du monde socio-économiques stratégiques pour le projet

De part la nature des recherches menées, les partenaires clés de l'institut sont avant tout le CEA, qui est activement impliqué dans le projet, et ITER-IO. L'articulation avec le tissu industriel autour de ces grands partenaires, impliquant aussi bien de grands groupes (EDF, ORANO ...) que des PME locales est un élément d'attractivité important pour les étudiants. L'institut mettra en place deux interfaces avec ces partenaires, interfaces décrites précédemment : le Conseil Stratégique Emploi-Formation et la cellule progrès scientifique et technique.

3- Mener une réflexion sur le secteur de la santé (hôpital, entreprises) sur le thème radioéléments : est-ce stratégique pour ce projet?

Le thème des radioéléments innovants est clairement d'intérêt de santé publique et pertinent pour ce projet d'institut au vu des plateformes présentes sur le site de Cadarache (et en particulier de la construction du RJH), mais la production de ces éléments ne commencera réellement qu'à l'horizon 2025 (avec un démarrage du RJH prévu en 2022-2023). De plus les applications médicales de ces radioéléments (imagerie nucléaire, théragnostique,...) entrent clairement dans le champ de l'institut d'imagerie pour la biologie et la médecine. En accord avec les porteurs de cet institut, nous pensons donc que cette thématique définit une interface entre nos instituts respectifs, et que cette interface est amenée à se développer avec l'entrée en production des radioéléments. Dans l'intervalle des actions de veille seront conduites au niveau de la recherche (en particulier au niveau de la cellule « Progrès Scientifique et Technologique ») et pour la formation des éléments sur les applications médicales des radioéléments seront mises en place au sein du module aspects nucléaires et société.

Rapport sur l'Institut international Espaces et sociétés en mutation Méditerranée-Afrique

Sociétés en Mutation en Méditerranée (SoMuM, titre provisoire)

Nommé *Institut* dans ce rapport qui intègre :

- *la Lettre d'intention validée le 1^{er} juin 2018 par les 12 directrices et directeurs d'unités, la directrice de la MMSH, les directeurs de l'UFR ALLSH et de la FDSP, la directrice de l'ED 355, le directeur de l'ED 67, les réponses apportées le 2 octobre 2018 en conseil de laboratoire de LabexMed et validée le 15 octobre en comité de direction de la MMSH*
- *les compléments (en bleu) apportés après le changement du porteur de projet et suite aux discussions avec Brigitte Marin, initiatrice du projet, avec la directrice de la MMSH, avec les directeurs d'unités, avec A*Midex*

Coordination : Sylvie Mazzella, Directrice de Recherche, AMU, CNRS, UMR 7305 LAMES

Résumé

Appuyé sur la Maison méditerranéenne des sciences de l'homme, composante et USR 3125, et sur les objectifs scientifiques des dossiers HCERES des unités impliquées, l'Institut vise à consolider les acquis du Laboratoire d'excellence « Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée » (LabexMed), en renforçant la visibilité et le rayonnement des études méditerranéennes sur le site d'Aix-Marseille. Il croise, d'une part, les approches plurielles des Humanités et des Sciences sociales, en mettant l'accent sur les terrains et la documentation (textes, archives, enquêtes) pour développer le dialogue interdisciplinaire ; il favorise, d'autre part, les interfaces des sciences humaines et sociales avec d'autres secteurs disciplinaires, en particulier les sciences de l'environnement, de l'énergie et de la santé. Il poursuit tout particulièrement une ambition d'internationalisation des recherches et de la formation à la recherche dans ce domaine : parcours-étudiant pluridisciplinaire avec mobilité internationale en master (8 mentions impliquées) et programme doctoral (ED 355 et ED 67).

L'articulation d'une recherche d'excellence de rayonnement international avec une formation de haut niveau (master, doctorat et post-doctorat) s'appuiera, au cœur de l'Institut, sur la coordination d'un consortium international de centres d'études sur les sociétés méditerranéennes, ainsi que sur une filière de formation associée, en étroite collaboration avec l'UFR ALLSH et la FDSP. La perspective à 5 ans est la création d'un master en Mediterranean Studies (unique en France) et d'un Joint Doctorate, dans le cadre du Campus transnational nord-méditerranéen. Les objectifs de développement d'une recherche d'excellence, innovante, interdisciplinaire sur les enjeux actuels de la Méditerranée croiseront ainsi les exigences d'une formation de haut niveau, internationale et ouverte sur le monde socio-économique.

INTRODUCTION

VISION DE L'INSTITUT

Le projet vise à créer un Institut intitulé « Espaces et sociétés en mutation. Méditerranée-Afrique », conçu comme un pôle de convergence de compétences de recherche et de formation, pluridisciplinaires en Sciences Humaines et Sociales. L'objectif principal de l'Institut est de comprendre/décrire/analyser/projeter les transformations profondes et durables des sociétés autour de la Méditerranée, de l'Europe à l'Afrique.

Il suit deux lignes stratégiques majeures :

- Construire un lien fort entre Recherche et Formation, à l'interface de questions vives de société. Mettre les SHS au cœur de la société pour une science forte, fiable, reconnue à l'échelle internationale et ouverte au monde socioéconomique et culturel. L'Institut couvre entièrement le secteur des sciences humaines et

sociales (histoire, sociologie, anthropologie, géographie, histoire de l'art, économie, droit, démographie philosophie, littérature).

- Construire « un laboratoire méditerranéen » de SHS pour l'étude des sociétés en mutation, en Méditerranée élargie à l'Afrique, ouvert à un large réseau international. Une approche interdisciplinaire, comparative et empirique, ancrée sur le terrain et les contextes historiques, au plus près des acteurs nationaux et locaux (acteurs politiques, socioéconomiques, culturels).

Ainsi l'Institut, résolument tourné vers les sociétés en mutation, ambitionne d'imposer d'ici 10 ans un leadership international d'AMU dans le domaine de la formation et de la recherche en SHS dans l'espace Euro-Méditerranéen Afrique. Les défis que nous devons surmonter pour atteindre cet objectif sont connus :

- briser les barrières et développer de nouvelles interactions entre les disciplines, pour créer l'approche transdisciplinaire qui est nécessaire pour faire face aux grands défis scientifiques et sociaux de demain ;
- inventer une nouvelle forme de coordination entre la recherche, l'enseignement et l'innovation qui ouvrira de nouvelles possibilités pour nos étudiants ;
- établir un partenariat avec les acteurs socioéconomiques et culturels, fondé sur un partage accru des ressources et une convergence de nos objectifs ;
- projeter ce nouveau modèle universitaire au niveau international pour attirer les meilleurs étudiants, et créer les programmes de formation les plus attractifs.

4 orientations à promouvoir :

- **Développer notre potentiel de recherche Europe-Méditerranée-Afrique**
 - favoriser des approches comparatives transrégionales et globales dans un contexte de mondialisation des économies, des sociétés et des cultures. Positionner la Méditerranée dans les enjeux de société Nord-Sud et Sud-Sud, de l'Europe à l'Afrique. Rassembler en son domaine l'ensemble des forces vives de la recherche sur le site d'AMU.
- **Développer notre potentiel de formation interdisciplinaire et international en SHS fortement lié à la recherche**
 - introduire dès le master des enseignements pluridisciplinaires et exigeants afin de construire une culture interdisciplinaire en replaçant les phénomènes présents dans la longue durée.
 - décloisonner les traditions intellectuelles nationales par une internationalisation accrue de la formation et de la mobilité enseignante et étudiantes.
 - créer des parcours en *Mediterranean studies* (du master au doctorat) qui n'existent pas en France et sont rares en Europe.
 - former des cadres et des experts dans le domaine des relations internationales, du développement, des politiques publiques, de l'aménagement, de la communication et de la médiation, de la culture et du patrimoine. Métiers du patrimoine, des archives, des bibliothèques, institutions culturelles, musée, humanitaire...
 - augmenter l'employabilité des étudiants.
- **Développer notre potentiel d'innovation et de valorisation de données en SHS**
 - développer de nouveaux outils et de nouvelles méthodes mixtes (qualitative et quantitative, archives et nouvelles technologie, texte et image) ;
 - utiliser les Big data en sciences sociales (réseaux sociaux, téléphonie, télédétection) sans perdre de vue les enjeux éthiques associés ;
 - rendre interopérable les données et créer des plateformes de données et de visualisation ;
 - créer les conditions d'un partage des données et d'une recherche future réellement collaborative, en particulier entre le Nord et le Sud de la Méditerranée élargi à l'Afrique ;
 - renforcer le lien entre Arts et science.
- **Développer notre potentiel de positionnement dans le monde socio-économique, culturel et artistique.**

- un pôle de formation-recherche ouvert à l'expertise et aux savoirs non académiques ;
- des transferts de compétences ;
- une recherche ancrée sur le terrain au plus près des acteurs nationaux et locaux (ONG, organisations internationales) dans une perspective de coproduction de connaissances.

PERIMETRE DES UNITES DE RECHERCHE ET DES EQUIPES PEDAGOGIQUES IMPLIQUEES

La MMSH, au cœur des études méditerranéennes, assure et organise la synergie des deux futurs instituts : l'un sur les sociétés très anciennes (Institut Archaia), et l'autre sur les mutations des sociétés actuelles (Institut SoMuM). Les deux instituts prolongent la fertilisation interdisciplinaire engagée par la MMSH depuis sa création. Ils bénéficient en outre de la dynamique de recherche impulsée par le programme LabexMed durant ces dix dernières années, menée en étroite collaboration avec d'autres unités du site d'Aix-Marseille Université et en lien avec la Maison de la Recherche.

Les forces de recherche au fondement de l'Institut – Les laboratoires porteurs

L'Institut regroupe des unités, ou des groupes de recherche d'unités, **dont le périmètre et les missions premières sont définis par l'aire euro-méditerranéenne et africaine**, que ce soit comme terrain direct de recherche et/ou dans une perspective comparée avec d'autres régions du monde.

Ces unités ont une solide expérience de collaboration en recherche dans le cadre de la MMSH (pour ses unités associées) ou de LabexMed (depuis 2011). *Cela se traduit par l'organisation de colloques internationaux réguliers, de codirections de thèse, de publications collectives, de programmes financés par l'ANR et par la réponse à de gros appels à projet H2020 (tel celui en cours sur les migrations internationales qui réunit les laboratoires LAMES, TELEMME et LPED).*

Exemples de programmes financés sur le périmètre de l'Institut : ANR SHAKK, De la révolte à la guerre en Syrie : Conflits, déplacements, incertitudes (2018-2021) ; ERC Consolidator Grant project HORNEAST, Horn & Crescent. Connections, Mobility and Exchange between the Horn of Africa and the Middle East in the Middle Ages (2017-2022) ; PHC Liban, Un miroir des sciences sociales. Acteurs, pratiques et savoirs au Liban (2016-2018) ; ANR LAJEH – Conflits et Migrations. Réflexions sur les catégories et la généalogie des migrations au Moyen-Orient ; I CARE – Développer les compétences des soignants professionnels et informels (Chypre, France, Grèce et Italie) ; Mediterranean Cities and Climate change (A*MIDEX) ; LIA MediterraPolis, Espaces urbains, mobilité, citoyenneté, Europe méridionale-Méditerranée, XVe-XXIe siècle (2018-2021).

Personnels des unités de l'Institut (totalité de l'unité ou certaines équipes) :

UMR 7303 – TELEMME (AMU-CNRS), MMSH, dans sa totalité : unité pluridisciplinaire spécialisée sur l'Europe méditerranéenne, de la péninsule ibérique aux Balkans. 56 EC ; 5 C ; 6 IT.

UMR 7310 – IREMAM (AMU-CNRS), MMSH, dans sa totalité ; unité pluridisciplinaire spécialisée sur les mondes arabes et musulmans. 15 EC ; 17 C ; 12 IT.

UMR 7307 – IDEMEC (AMU-CNRS), MMSH, dans sa totalité : ethnologie comparée des mondes européen, méditerranéen et moyen-oriental. 7 EC ; 11 C ; 3 IT.

UMR 7305 – LAMES (AMU-CNRS), MMSH, dans sa totalité ; unité de sociologie ; migrations, populations, enjeux environnementaux, transition énergétique, accès à l'éducation, en particulier en Europe du Sud et au Maghreb. 14 EC ; 4 C ; 3 IT.

UMR 8171 – IMAf (Paris 1-EPHE-EHESS-AMU-CNRS-IRD), équipe d'Aix, MMSH. Unité pluridisciplinaire abordant le continent africain dans son ensemble, y compris la rive méditerranéenne : 6 EC ; 5 C ; 2 IT.

UMR 7297 – TDMAM (AMU-CNRS), MMSH : équipe étudiant l'espace méditerranéen comme lieu de transfert de savoirs et d'objets culturels, ainsi que de constructions linguistiques et politiques. 4 EC ; 3 C ; 1 IT.

UMR 7317 – LEST (AMU-CNRS), équipes ; économie et sociologie de la Méditerranée (France du Sud, Espagne, Italie, Grèce, Maroc, Liban, Jordanie), dans une perspective comparée (marchés, migrations, travaux, modèles productifs). 18 EC et 7 C ; 8 IT.

UMR 8562 – CNE (AMU-CNRS-EHESS-UAPV), dans sa totalité ; Méditerranée dans une perspective comparée avec d'autres aires culturelles. 3 EC AMU ; 7 C ; 5 DE EHESS.

UMR 7318 – DICE (AMU-CNRS) ; droit international, droit constitutionnel comparé, droit de l'union européenne, droits fondamentaux, transitions démocratiques en Méditerranée ; équipe de 8 EC (4 CERIC et 4 ILF-GERJC).

UMR 151 – LPED (AMU-IRD) ; équipe sur la Méditerranée Nord et Sud (pôles Usages, Ecosources, Migrations, Trames) : 6 EC ; 7 C ; 1 IT.

UMR 7304 – CGGG (AMU-CNRS) : groupes de recherche sur les mathématiques arabes et les questions environnementales : 3 EC ; 3 C.

USR 3125 – MMSH : services, ressources et plateformes dédiées à la Méditerranée, animés par 31 IT qui contribueront au soutien des deux Instituts.

Soit une masse critique de : 140 EC AMU ; 69 C (CNRS et IRD) ; 5 EC EHESS ; 36 IT UMR et 31 IT USR MMSH (total : 303 personnels).

Disciplines : histoire, anthropologie, sociologie, démographie, géographie, droit, philosophie, sciences des textes et du langage. L'Institut mobilise également les sciences de l'érudition, les humanités numériques, les relations entre les SHS et la création artistique.

Historique et expérience acquise. Peu de groupements d'équipes peuvent se prévaloir d'une expérience robuste de la recherche sur des terrains aussi variés en Méditerranée. La Maison méditerranéenne des sciences de l'Homme, inaugurée en 1997, a donné une forte visibilité aux études méditerranéennes sur le site d'Aix-Marseille, dans l'espace national et international, en configurant un campus de recherche et de formation à la recherche spécialisé. Membre du « Réseau national des Maisons des Sciences de l'Homme », elle héberge l'Ecole doctorale 355 « Espaces, Cultures, Sociétés », et offre des services techniques efficaces en documentation, ressources numériques et plateformes technologiques, dédié au monde méditerranéen, ainsi qu'un soutien au montage de programmes et à la gestion des projets. Depuis 2011, la MMSH assure la coordination scientifique du Laboratoire d'excellence « Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée » (LabexMed) (16 unités mixtes de recherche, 7 ED impliquées). Selon le rapport du COS, LabexMed *“deserves to be considered a model in terms of conception, performance and governance in order to consolidate and improve AMU as a centre of reference in the global domain of science and education”* (rapporteur: J. F. FUENTES, University Madrid). LabexMed a contribué à l'émergence de nouvelles questions interdisciplinaires, à la structuration d'axes de recherche (dans le domaine des migrations, de l'environnement, des territoires, du patrimoine et des savoirs) soutenus par la Fondation A*MIDEX, l'ANR et l'European Research Council, et à la formation d'un Collège post-doctoral caractérisé par un recrutement de haut niveau à l'international.

[Le consortium du projet d'Institut compte renforcer ce maillage interdisciplinaire, notamment entre le droit ou la démographie et les autres sciences sociales, et développer l'intersectoriel, par exemple avec les mathématiques ou les sciences de la vie via notamment le CGGG et le LPED, et en lien avec les autres Instituts en cours de création.](#)

Un lien renforcé avec la Maison de la recherche.

[D'emblée, dans le consortium, le CGGG veillera à favoriser le renforcement de l'articulation de l'Institut avec la Maison de la Recherche.](#)

La Maison de la recherche a réalisé une première cartographie de son potentiel sur les études méditerranéennes. Il en ressort que plusieurs laboratoires pourraient contribuer au développement de ce champ dans les domaines littéraires, linguistiques et artistiques.

Les activités menées au Centre aixois d'études romanes (CAER) sur les littératures, les civilisations, et la linguistique de l'Italie et de l'Espagne, offrent un premier point d'appui. Des recherches en littérature en lien avec l'espace méditerranéen sont également conduites au Centre interdisciplinaire d'étude des littératures d'Aix-Marseille (CIELAM) et de l'Équipe sur les cultures et humanités anciennes et nouvelles germaniques et slaves (ÉCHANGES). Le CIELAM a, les années passées, développé un axe transversal de recherche intitulé « Histoire littéraire et cultures de l'espace méditerranéen », et une action est entreprise aujourd'hui sur les émergences de la géographie (France - Italie, XIVE - XVIIe siècle) en partenariat avec le LA3M. Des études ont été réalisées au sein d'ÉCHANGES sur la Méditerranée en tant qu'espace imaginaire.

Le laboratoire d'études et de recherche sur le monde anglophone (LERMA) est également concerné par l'espace méditerranéen, et notamment par les conséquences que le Brexit est susceptible d'entraîner dans cet espace. À une échelle plus globale, la fédération CRISIS, qui rassemble les unités de la Maison de la Recherche, apporte son soutien à différents projets en lien avec l'espace méditerranéen, tels que le projet « Traverses afroméditerranéennes, écritures de soi et mobilités dans les espaces méditerranéen et subsaharien ». Dans le domaine artistique, l'espace méditerranéen forme également une thématique de recherche importante. Le laboratoire d'études en sciences des arts (LESA) avait défini, ces dernières années, un axe de recherche intitulé « Arts, écritures, sociétés et dynamiques transméditerranéens », dont l'un des trois programmes avait pour titre « Arts, mutations sociales et subjectivités en Méditerranée ». Sur cette base, ses activités sur ce terrain se poursuivent aujourd'hui avec, par exemple, des manifestations organisées en partenariat avec l'IREMAM sur les arts et la politique culturelle dans le sud méditerranéen, et sur les arts et la médiation des arts dans l'aire arabo-méditerranéenne.

L'Institut s'attachera à favoriser les synergies entre ces orientations scientifiques, présentes au sein de la Maison de la Recherche, et les sciences humaines et sociales, en considérant la Méditerranée comme espace dynamique de contacts culturels et notamment linguistiques. Les études linguistiques et littéraires sont en effet également bien représentées dans les laboratoires fondateurs de l'IRM. Les langues concernées sont l'arabe bien sûr, mais aussi le latin, le grec, l'hébreu (pour donner un exemple, Philippe Cassuto, IREMAM, a participé au volume récent *Mediterranean contaminations* (2018), qui traite de manière diachronique de la Méditerranée comme lieu de "contaminations" linguistiques, littéraires et artistiques (notamment musicales)). Autre exemple, le récent projet ANR franco-autrichien – « Galen into Arabic. More than a translation / GAIA » (issu de précédents programmes portés par LabexMed, coord. TDMAM) relève largement des études linguistiques, car il s'intéresse aux traductions de Galien en arabe. Il entend montrer, à la frontière entre la philosophie, l'histoire des sciences et la traductologie, que traduire, ce n'est pas uniquement passer d'une langue à une autre, mais que les traductions reflètent l'usage auquel est destiné le texte-cible.

L'Institut offrira un cadre idéal pour développer de tels projets de recherche et assurer leur dissémination, en faisant connaître leurs méthodes et leurs résultats dans des unités de formation.

Un Institut fondé sur une dynamique inclusive

Elargissement à d'autres unités de recherche d'AMU (à partir de la création de l'Institut)

Si les unités qui forment l'assise de l'Institut (listées ci-dessus) ont une politique et des objectifs de recherche, déclinés dans leurs projets HCERES 2018-2022, qui ciblent diverses aires de la Méditerranée, au nord comme au sud, l'Institut propose de rassembler le plus largement possible les chercheurs qui, même temporairement, pourraient se trouver engagés sur ces terrains, afin de réunir toutes les compétences possibles, sans exclusion, et de s'ouvrir de la sorte à de nouvelles thématiques et à de nouvelles collaborations interdisciplinaires (en particulier au sein des unités de l'UFR ALLSH). Ainsi, des enseignants-chercheurs, des chercheurs et des doctorants, réunis en équipe-projet sur des terrains méditerranéens, pourraient quelle que soit leur discipline et leur unité de rattachement, demander pour la durée du contrat restant à courir leur association à l'Institut (en restant rattachés à leurs unités) sur la base d'une présentation de leur projet scientifique et de son potentiel de collaboration inter-équipes à l'intérieur de celui-ci. Le comité de pilotage se prononcerait, chaque année, sur ces affiliations qui enrichiraient les perspectives de recherche de l'Institut et contribueraient à les renouveler, tout en veillant à la cohérence de ses axes de recherche.

Ouverture à l'échelle nationale (après une phase de consolidation de deux ans sur le site)

En outre, cet Institut d'Aix-Marseille Université, unique sur le territoire national dans sa composition interdisciplinaire sur l'aire méditerranéenne et dans sa masse critique, en cohérence avec la politique de l'établissement en matière de leadership en Méditerranée, pourrait s'ouvrir pour un maximum de 10 % de ses ETP à des affiliations, pour la participation à des projets collectifs de recherche, de chercheurs provenant d'autres unités et universités sur le territoire national, qui resteraient rattachés à leurs laboratoires de provenance, mais s'impliqueraient dans la vie scientifique collective de l'Institut (par exemple comme porteur de projets d'amorçage de l'Institut, coordonnateur d'ateliers et d'écoles d'été, etc.). A travers ces adhésions individuelles, dont les demandes seraient soumises pour sélection au comité de pilotage chaque année, l'Institut conforterait sa position nationale, et se positionnerait comme un pôle d'enseignement et de recherche de référence à l'échelle internationale.

Appui sur les équipes de formation

Le volet de formation de l'Institut s'inscrit de façon cohérente dans l'offre de formation 2018-2022 de l'UFR ALLSH et de la FDSP. Il repose sur la force des départements d'enseignement, coordonnés par la direction adjointe formation, pour ceux de l'UFR ALLSH, à savoir : Départements Histoire, Anthropologie, Sociologie, Géographie, Sciences de l'Antiquité, Histoire de l'art et archéologie, Etudes moyennes-orientales. Ce périmètre est augmenté du potentiel de formation des chercheurs des unités partenaires, pour le master, et de deux écoles doctorales (ED 355 – Espaces, cultures, sociétés et ED 67 – Sciences juridiques et politiques).

Le renforcement de conventions universitaires d'AMU

L'Institut d'études méditerranéennes est envisagé comme un dispositif d'internationalisation des activités et des partenariats et un instrument de convergence. Dans un secteur où, à l'échelle internationale, les recherches restent encore trop dispersées et fragmentées, il favorisera la fédération de forces, le passage à une étape supplémentaire en termes de construction de savoirs partagés et innovants, sur des enjeux de recherche définis collectivement à ce niveau.

L'objectif est de fédérer des compétences, des moyens, des données et des plateformes en partenariat avec les universités et les centres de recherche à l'étranger, qui ont développé des secteurs d'excellence et une expertise internationalement reconnue en études méditerranéennes dans les différentes disciplines des SHS. Il pourra se charger de la coordination de ce consortium d'institutions étrangères, dans la perspective d'accélérer les mobilités internationales et d'incuber des programmes collaboratifs européens et internationaux.

Ci-dessous une carte qui rend compte des partenaires universitaires du projet de Grandes Universités Européennes « CIVIS. Une université européenne civique » (en cours), des conventions universitaires dans le cadre du LabexMed, ainsi que du Réseau d'excellence des centres de sciences humaines sur la Méditerranée, RAMSES2 (depuis 2006), coordonné par la MMSH/USR.

● RÉSEAU CIVIS

Université nationale et capodistrienne d'Athènes
 Université Libre de Bruxelles
 Université de Bucarest
 Université autonome de Madrid
 Université La Sapienza de Rome
 Université de Stockholm
 Université Eberhard Karls de Tübingen

● RÉSEAU INTERNATIONAL LABEXMED

Birkbeck College, Université de Londres	Institut National d'Agronomie
Casa de Velázquez (CVZ)	Georges Dumézil (IFEA)
CSIC-Barcelone	Université de Milan
Ecole française d'Athènes (EFA)	Université de Naples
Ecole française de Rome (EFR)	Université de Zadar
EGE-Rabat	Université d'Haïfa
Institut d'études méditerranéennes	Université Ibn Zohr
Institut français d'études anatoliennes	Université Libre de Bruxelles
Institut française d'archéologie orientale (IFAO)	Université nouvelle de Lisbonne



● RÉSEAU RAMSÈS

I. RECHERCHE

1. Contexte, positionnement national et international

Enjeux actuels. Ces approches de la complexité sont rendues d'autant plus nécessaires au regard de l'actualité et de la centralité de la Méditerranée, car les enjeux dont elle est le foyer se sont considérablement accrus ces dernières décennies. Sa situation la place au centre de problématiques majeures (inégalité dans la répartition des ressources, crispation des rapports politiques, crise des gouvernances, coupure nord-sud, conflits et violences, nouvelles vulnérabilités, éducation, flux migratoires, religions, urbanisation, protection patrimoniale, transmission des héritages, usages des mémoires du passé). Dans ce contexte, les sciences sociales sont fréquemment convoquées sur le mode de l'urgence, pour répondre aux demandes sociales et politiques, aussi bien dans les États de la rive sud, que dans ceux de la rive nord : fragilités économiques (du Portugal à la Grèce), menaces environnementales et sanitaires, du Maroc à la Turquie et également sur la rive nord, bouleversements politiques majeurs (Syrie, Irak, Égypte, Turquie, Tunisie, Libye, etc.), crises démographiques d'ampleur (Balkans), ou encore accroissement des inégalités, politiques migratoires, reconfiguration des appartenances et des altérités. Les bouleversements politiques majeurs dans la Région du Maghreb et du Machrek en particulier, et leurs conséquences sociales, économiques et juridiques à l'échelle euro-méditerranéenne, posent avec encore plus d'acuité, dans **un contexte de déstabilisation durable**, la question des conditions, enjeux et modalités de l'analyse des phénomènes sociaux en Méditerranée.

Seule une recherche innovante et indépendante en sciences humaines et sociales à l'échelle de la Méditerranée, opérant un retour critique sur les acquis disciplinaires, enracinée dans des partenariats internationaux renforcés et associant étroitement des chercheurs de l'ensemble de ses rives, en Afrique et au-delà, permettra de rendre plus intelligible la pluralité des sociétés contemporaines, cet ensemble de proximités et de confrontations, d'hybridations, d'accommodements et de réinventions, qu'est le monde méditerranéen, ainsi que les ressorts des crises mondialisées des pays de son pourtour.

La création des Instituts s'inscrit dans un contexte national de réformes très stimulant, avec la création des EUR et des Instituts Convergence. Pour les premiers, il s'agit surtout de relier fortement la Formation à la Recherche, pour les seconds, il s'agit surtout de relier la Recherche aux acteurs politiques, socio-économiques, et à la Société civile (tel l'Institut Convergence des Migrations).

A l'échelle internationale, les Universités étrangères qui agissent de manière significative dans un cadre structuré en Méditerranée ne sont pas si nombreuses. C'est le cas notamment des Université d'Oxford (*Oxford school of global and area studies, African Studies, Middle East*), de la SOAS à la *London University*, de Berlin, du Centre Marc Bloch en Allemagne, de l'Université de Vienne.

On peut remarquer néanmoins que celles qui sont les mieux placées dans les classements sont justement celles qui se sont structurées en *Graduate School* depuis plusieurs années et avec lesquelles nous entretenons déjà des collaborations dont certaines sont en train de se concrétiser dans le cadre du projet porté par AMU de Grande Université de Recherche (Sapienza, Tubingen).

Notre projet d'Institut sur le site d'AMU sous la forme générique d'une *Graduate School* a justement pour objectif de nous mettre au niveau de ces grands centres universitaires internationaux.

Les Instituts sur le site d'AMU innoveront en se donnant pour objectif de relier étroitement trois mondes : celui de la Formation, celui de la Recherche, et celui des partenaires socio-économiques, culturels et de l'innovation en vue de développer l'employabilité et la culture scientifique. A l'échelle nationale et internationale, aucune Université, EUR, et aucun Institut Convergence ne propose une structuration thématique Méditerranée-Afrique sur l'amplitude disciplinaire en SHS envisagée.

2. Axes de recherche de l'Institut

Trois axes de recherche structurent l'Institut ayant pour objectif commun de décrire, d'analyser, et projeter les mutations d'aujourd'hui et de demain, dans une double perspective historique et anthropologique.

1. **Processus socio-économiques, démographiques, politiques et juridiques**
2. **Circulations et dynamiques culturelles. Savoirs, objets et patrimoines**
3. **Dynamiques et recompositions territoriales**

Ils ont en commun un axe transversal défini par :

- l'Open Edition ;
- la collaboration entre humanités, sciences de l'érudition et sciences sociales pour penser la pluralité des mondes contemporains qui est issue d'une longue histoire d'héritages, d'influences et d'hybridations ;
- l'approche transrégionale et globale. La Méditerranée est aussi un point de contact entre l'Europe et l'Afrique ; un point de passage, une étape dans des circulations Sud-Nord et Sud-Sud dans un contexte de mondialisation et d'internationalisation des économies, des sociétés et des cultures
- un nouveau cadre conceptuel, méthodologique et éthique intégrant le traitement de nouvelles données (telles les Big data en sciences sociales), envisageant des écritures innovantes en SHS en dialogue avec les métiers artistiques, et proposant de nouvelles façons de visualiser/représenter le monde (vidéos, graphiques, cartes, ou projections et scénarios) ;
- la collaboration avec d'autres expertises issues des sciences et techniques, des acteurs politiques, socio-économiques, culturels, et de la société civile.

Processus socio-économiques, politiques et juridiques

L'espace méditerranéen est un poste d'observation fécond et privilégié pour comprendre des processus dont l'actualité parfois brûlante gagne à être mise à distance. À cette fin, les territoires de compétences de l'Institut proposent un dispositif de recherche et d'enseignement original. Ils permettent non seulement de croiser des apports de disciplines variées des SHS, mais encore d'articuler des approches diachroniques et synchroniques. Le dialogue de SHS promu par l'Institut accorde une attention renouvelée et problématisée aux sources, aux terrains, aux archives, et se nourrit des débats contemporains autour des faits coloniaux ou encore de la prise en compte du langage des « subalternes », particulièrement saillants dans les études méditerranéennes.

Les **(re)configurations des espaces sociopolitiques et économiques sont envisagées** à travers leurs différentes temporalités, échelles, comme à travers leurs effets structurants : dynamiques impériales, régionalisation, mondialisations sociales, formation et crises des États, externalisation des instruments d'action de la gouvernance européenne, transfert et adaptations des normes et des législations au niveau inter-régional (Union européenne-Afrique) et intra-régional, politiques sécuritaires face au risque terroriste. Il s'agira aussi d'examiner les processus de (trans)régionalisation "de bas en haut" du Sud vers le Sud, dans l'histoire et à travers l'arrivée récente de populations en Afrique : réfugiés, patients, étudiants internationaux, main-d'œuvre venue d'Asie, experts, acteurs religieux.

Une attention particulière sera aussi portée à la façon dont la Méditerranée se fait tout autant *mare nostrum* (berceau de l'Humanité) qu'espace de frontières multiples - y compris dans l'espace maritime - et sources d'altérités, de discriminations, de conflictualités, voire de montée des extrémismes. Cette question sera traitée notamment en lien avec la mission Égalité Femmes-Hommes et lutte contre les discriminations d'AMU et dans le cadre de la Chaire Unesco d'AMU « *Éducation à la citoyenneté, sciences de l'Homme et convergences des mémoires* », co-portée avec la Fondation du Camp des Mille - Mémoire et Éducation.

Les grandes mutations (**politiques, démographiques, économiques, sociales et culturelles**) sont saisies dans le cadre des transformations qu'elles accompagnent : celles des **rapports au politique**, lues à l'aune de recherches sur les citoyennetés, sur les citadinités, sur les statuts et conditions sociales ; celles des **routes migratoires** dont l'historicité est à mettre en miroir des flux contemporains sans précédent ; mais aussi celles des **mondialisations successives des échanges**, les transformations des marchés du travail façonnés par des normes, des rapports sociaux, mais encore des infrastructures qui dessinent des zones portuaires et leurs confins.

Quant aux formes de protections – parfois de protectionnisme – revendiquées et pratiquées, elles sont envisagées à la lumière des mutations des structures familiales, des diasporas, des solidarités effectives, de la

formation d'institutions sociales, et des effets de dispositifs normatifs multiples, qui modifient les relations entre **genre, générations** et entre groupes sociaux, parfois par le biais de langages de l'ethnicité, de la communauté, de la religion.

Circulations et dynamiques culturelles. Savoirs, objets et patrimoines

Dans le temps long, les sociétés méditerranéennes ont constitué un **espace de partage, de fertilisations croisées** de savoirs, d'idées et d'objets culturels et entre cultures, mais également de **controverses** ou de conflits scientifiques, théologiques et plus largement intellectuels. Au niveau politique, objets et savoirs constituent **des enjeux de pouvoir majeurs** : ils sont portés, défendus et patrimonialisés par différents groupes qui tentent d'en tirer le meilleur profit. L'étude de ces **mobilités** et de ces **transferts culturels** doit être menée en Méditerranée, comme sur ses marges et dans ses zones d'extension historiques, pour questionner des **dynamiques intellectuelles**, mais aussi des **transformations sociales et politiques**, et évaluer leur place dans la **construction des langues, des cultures et des idées** dans l'espace méditerranéen.

En prenant la Méditerranée pour laboratoire, une **histoire culturelle des textes, des esthétiques, des philosophies, des archives, des objets, des savoir-faire, des matériaux, ou des spiritualités** peut permettre de définir les spécificités méditerranéennes, tout en contribuant à une compréhension plus fine des **enjeux intellectuels et politiques des savoirs, des objets et des patrimoines**.

Dans **quels types d'économie** au sens large (marché, acteurs, régulations) et à **quelles échelles** (spatiales, temporelles, organisationnelles, institutionnelles, juridiques) fonctionnent ces circulations ? Comment les objets culturels sont-ils **manipulés, patrimonialisés ou détruits** ? Quels **acteurs et réseaux** font passer les biens culturels d'une région à une autre, d'un groupe social à un autre, d'une période à une autre ? Quels **truchements sociaux et intellectuels** de la transmission (traduction, conservation, emploi, collection, muséalisation) sont mis en œuvre ? **Quelles transformations** exercent les canaux et les supports de la diffusion culturelle sur les objets culturels eux-mêmes ? Quels types de **collaboration entre disciplines scientifiques, approches artistiques et médiation sociale** sont expérimentés dans ces dynamiques ?

La **culture en Méditerranée** concerne donc autant la mobilisation, la circulation et la construction d'objets de connaissances et de savoirs dans les sphères savantes que leurs usages politiques et sociaux dans le monde du patrimoine. Elle doit être analysée de manière **dynamique, critique, comparative et contextuelle**, au croisement de ses dimensions matérielles, intellectuelles et idéologiques.

Dynamiques et recompositions territoriales

Affirmer l'existence d'un espace méditerranéen est le fruit d'une longue histoire culturelle et de renégociations permanentes autour de **dynamiques territoriales** locales, urbaines, régionales et internationales. Il s'agira ici d'interroger l'unité et l'homogénéité territoriale supposée de la Méditerranée comme le résultat de dynamiques qui s'inscrivent dans des **connexions qui dépassent ses deux rives et sont mondialisées**. Comment les relations entre **territoires urbains et ruraux, les concurrences ou les connexions entre les villes, leur capitale et leur métropole**, ou encore les **inégalités spatiales** interviennent-elles dans la construction et la redéfinition du pourtour méditerranéen, **élargi à l'Afrique et plus largement au monde** ?

Dans le prolongement du programme européen PRIMA, les SHS peuvent apporter des éclairages importants sur le devenir de zones rurales en mutation comme dans le continent africain, et interroger par exemple les relations complexes entre le changement climatique, la migration de populations, l'éducation, l'urbanisation et la croissance démographique. Par ailleurs, dans quelles mesures assiste-t-on à « une invention de la ruralité » aujourd'hui dans le cadre d'un tourisme de masse, d'une quête des « racines », d'une économie mondialisée ? Ces questionnements pourront être partagés avec l'Institut sur l'environnement en création.

Etudes méditerranéennes et sociétés africaines

L'Institut aborde les questions méditerranéennes dans leurs relations avec le reste du monde, en particulier les liens Méditerranée/Europe et Méditerranée/Afrique dans la longue durée. Dans l'un et l'autre de ces deux domaines, les équipes rassemblées dans l'Institut ont une expertise consolidée et des compétences dans divers secteurs des SHS.

C'est en effet une des orientations que l'Institut se donne que de penser la Méditerranée en interaction avec des dynamiques économiques, sociales et environnementales plus globales. Les études méditerranéennes sont amenées à décloisonner les aires géographiques pour explorer de manière plus juste les processus économiques, politiques, sociaux, juridiques et environnementaux qui sont à l'œuvre dans un vaste espace allant de l'Europe au Sahel voire au-delà.

Plusieurs collègues sont des spécialistes reconnus des mondes africains. C'est le cas bien sûr de l'équipe aixoise de l'IMAF, dont les travaux portent sur l'ensemble du continent africain (histoire, anthropologie, science politique) ; mais aussi de plusieurs collègues du LPED (sociologie), du LAMES (Migration d'étude Sud-Sud et Sud-Nord), du LEST (marchés du travail, migrations, systèmes productifs) et du DICE (droit). Le Maghreb est un champ par ailleurs bien couvert par plusieurs unités de la MMSH (en particulier IREMAM, LAMES et IDEMEC).

L'Institut peut compter en outre sur le soutien du réseau des Ecoles françaises (partenariat, soutien logistique, formation), ainsi que sur celui des représentations IRD et des Umifre du pourtour méditerranéen et en Afrique. Voir Carte.

La grande majorité des chercheurs CNRS et IRD du consortium ont été rattachés à ces centres et/ou les ont dirigés. Autre exemple, la réponse à un appel projet H2020 en cours (porté par le LAMES, avec l'USR de la MMSH et les laboratoires TELEMME et LPED) associe le consortium aux Umifre de Nairobi (Institut Français de Recherche en Afrique <http://ifra-nairobi.net/>), de Khartoum (<https://cedejsudan.hypotheses.org>), d'Addis-Ababa (Centre français des études éthiopiennes, <https://cfec.hypotheses.org>), et le GCC (French Center for Archaeology and Social Sciences <http://cefes.cnr.fr>).

ÉCOLES FRANÇAISES, IRD AFRIQUE ET UMIFRE

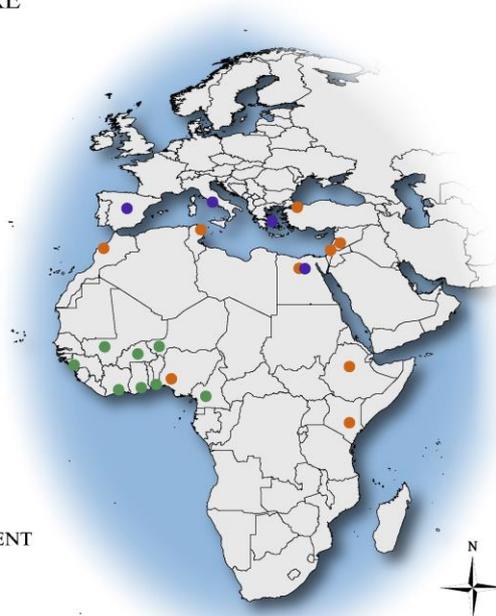
● UMIFRE CNRS

Centre de recherche français à Jérusalem (CRFJ) - Jérusalem
 Centre d'études et de documentation économiques, juridiques et sociales (CEDEJ) - Le Caire & Khartoum
 Centre français des études éthiopiennes (CFEE) - Addis-Ababa
 Centre Jacques Berque (CJB) - Rabat
 Institut de recherche sur le Maghreb contemporain (IRMC) - Tunis
 Institut français de recherche en Afrique - Nigéria (IFRA-Nigéria) - Ibadan et Zaria
 Institut français de recherche en Afrique (IFRA-Nairobi) - Nairobi
 Institut français du Proche-Orient (IFPO) - Damas - Beyrouth - Amman
 Institut français d'études anatoliennes Georges Dumézil (IFEA) - Istanbul

● ÉCOLES FRANÇAISES

École française d'Athènes
 École française de Rome
 Institut française d'archéologie orientale (Le Caire)
 Casa de Velázquez (Madrid)

● INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT



La Méditerranée est aujourd'hui, comme hier, traversée par des enjeux qui dépassent son cadre géographique propre. Mais la prise en compte de son hinterland africain revêt une importance cruciale, à l'heure où se déploient dans l'espace méditerranéen des problématiques économiques, environnementales et migratoires étroitement liées à la transformation rapide – et dans certains cas à l'entrée en crise – des sociétés africaines. Or la Méditerranée n'a pas attendu le temps présent pour être aussi une mer africaine. Dans leur diversité disciplinaire, les études méditerranéennes peuvent apporter un éclairage novateur sur les mutations anciennes et actuelles des sociétés africaines, de l'islamisation de l'Afrique à la crise migratoire présente. Plus encore, la rive sud de la Méditerranée est généralement envisagée comme le simple débouché de dynamiques qui affectent l'intérieur du continent. Or elle en est plutôt l'interface, espace d'échange et de confrontation où se joue une part essentielle de la dimension africaine de la Méditerranée. Par l'expertise reconnue de ses équipes à la fois

sur le monde arabe et sur l'Afrique sub-saharienne, l'Institut est bien placé pour pleinement intégrer l'hinterland africain de la Méditerranée dans son offre de formation, ses programmes d'échange et ses projets de recherche. Au niveau géopolitique, la "crise migratoire" rebat les cartes dans les rapports de l'Europe avec nombre de pays de passage, comme la Turquie, ou la Libye. Le droit maritime aussi est concerné. L'association, au sein de l'Institut, de démographes, de sociologues, de politologues et de juristes spécialistes de ces pays, permet d'aborder ces questions dans toute leur complexité sur la base de données de terrain fiables.

L'Institut développera en outre pour ce type d'approche des partenariats avec des institutions hors des frontières françaises qui travaillent sur les migrations, et notamment des institutions et des ONG qui se situent sur les côtes africaines, particulièrement sensibilisées (par exemple le think tank « Forum tunisien des droits économiques et sociaux »).

L'apport des études historiques, anthropologiques et sociologique à la compréhension des phénomènes migratoires africains

Les débats publics en Europe sur les migrations africaines à travers la Méditerranée ont pris une grande importance sociale. Ils informent plus sur les fantasmes de ces sociétés occidentales que sur le phénomène migratoire (voir par exemple la mise au point de F. Héran, dans *Populations et société*, 2018). Dans ce contexte de peur et de polémique, il faut aborder les migrations avec une approche holiste qui inclut l'ensemble des mouvements migratoires africains dans leur globalité et leur complexité. La croissance démographique, la pauvreté, les aléas climatiques sont des éléments insuffisants à eux seuls pour expliquer les migrations dans le continent ou hors de celui-ci. Ces mouvements de population s'inscrivent dans une histoire longue, essentielle dans ces dynamiques, qui allie la traite des esclaves et la colonisation. La répression politique et les guerres expliquent beaucoup mieux la géographie spécifique de ces mouvements de population. Dans d'autres cas de figure, ce sont les tensions au sein des structures familiales africaines, en conjonction avec l'essor des media sociaux globalisés qui expliquent que des mineurs fuguent et tentent d'atteindre les grandes capitales de l'Union européenne. L'IMAF en particulier, au sein de l'IEM, se propose donc de contribuer à insérer les migrations africaines dans leur véritable dimension anthropologique et historique.

Les chercheur.e.s du LPED apporteront entre autres leur expertise sur les politiques migratoires, qui sont en constante discussion et reformulation, de manière liée et interactive, dans un espace méditerranéen s'étendant de l'Europe au Sud du Sahara. Traversé d'influences et d'acteurs multiples et en perpétuel renouvellement, cet espace est à la fois celui d'une convergence politique et juridique et de questionnements normatifs. Les bouleversements géopolitiques récents en Méditerranée, en particulier la chute de Kadhafi en Libye, ont contribué à reconfigurer les frontières et les espaces de projection politique. C'est désormais depuis le Niger, en amont de la Libye, que l'Union européenne entend contenir les mobilités sur la « route de la Méditerranée centrale », tandis que le Maroc est engagé à la fois dans le contrôle des frontières méditerranéennes, dans le développement d'une politique d'accueil des étrangers subsahariens, et comme leader d'une position africaine sur les migrations.

Les recompositions religieuses constituent, dans ce cadre, un cadrage pertinent. Le blocage des frontières européennes et africaines depuis une vingtaine d'années et la mise en œuvre de politiques migratoires souvent plus sécuritaires qu'humanistes, encourage les migrants à s'installer de plus en plus durablement en Afrique méditerranéenne. Ils deviennent dans ce contexte les acteurs du déploiement d'une offre religieuse multiple et dynamique autour d'institutions religieuses et de lieux de cultes, d'associations, d'ONG confessionnelles ou d'origine confessionnelle mais également d'espaces de formation religieuse.

Au Maroc où se sont déroulées deux campagnes de régularisation depuis 2013 (en tout près de 45000 personnes régularisées) mais aussi en Egypte et en Tunisie, de nombreuses instances religieuses ou d'origine confessionnelle s'organisent afin de faciliter l'accueil, la formation et l'accompagnement social et spirituel des migrants venus d'Afrique subsaharienne. En migration, la reconnaissance passe souvent par les communautés religieuses qui deviennent ainsi des repères et des bornes et des ressources dans les parcours migratoires entre l'Afrique subsaharienne et l'Afrique Méditerranéenne.

Ces questions sont également étudiées au LEST, avec des enquêtes menées sur le Maroc qui font ressortir la transformation profonde de l'accueil des migrations subsahariennes dans ce pays, qui est passé d'un statut de pays de transit à celui de pays d'installation. Ce phénomène est particulièrement prégnant en ce qui concerne les migrations étudiantes.

Les transformations du marché du travail, étudiées au LEST, articulent également études méditerranéennes et africaines. Ces études intéressent en particulier les recompositions des milieux d'affaires transnationaux. D'une part, la stabilité des réseaux anciens de la « Françafrique » est mise en question par la concurrence d'entreprises multinationales issues de nouvelles puissances comme la Chine et la Russie. Dans le domaine financier, les investissements directs des banques marocaines structurent ainsi de nouvelles formes d'intermédiation financière entre l'Europe et l'Afrique subsaharienne, et suscitent la concurrence de banques algériennes. Dans le domaine industriel, notamment logistique, de nouvelles alliances stratégiques se nouent avec des entreprises chinoises (Ocean Alliance). D'autre part, la Turquie structure des relations d'affaires avec l'Afrique subsaharienne, en s'appuyant sur des référents culturels et religieux musulmans, dans la sphère historique de l'empire ottoman et au-delà.

Une autre question traitée est celle de l'offshorisation de la gestion de la main d'œuvre, observable dans les secteurs du transport et des services. Les formes d'organisation de cette offshorisation font appel à des dispositifs juridiques dérogatoires en matière de fiscalité, de réglementation du travail et de sous-traitance, qui dessinent des arrangements de plus en plus complexes entre sociétés européennes et africaines, pour lesquels un certain nombre de zones de service et de conseil méditerranéens (Malte, Chypre, TangerMed, etc.) constituent des opérateurs de montage et d'interfaçage.

La contribution des juristes, au croisement avec les autres disciplines des SHS, aux dynamiques méditerranéennes en lien avec les pays africains

Plusieurs chercheurs se sont spécialisés, au DICE, sur ces questions, notamment, au-delà de la réglementation, des recommandations et des procédures européennes, sur les accords bi-latéraux ou pluri-latéraux Europe-Afrique ; [autre exemple, un ouvrage à paraître aux éditions Bruylant \(avril 2019\) réunit les chercheurs du DICE, du LAMES et du LPED sur la question des dynamiques et politiques migratoires de l'Europe au Sahel.](#)

Des recherches en cours concernent le droit des étrangers en situation irrégulière et l'agenciarisation de la politique d'immigration et d'asile face aux enjeux de la « crise des réfugiés » en Méditerranée » qui met en lumière les nouvelles formes de gouvernance que suscite notamment la « crise » des migrants/réfugiés en Méditerranée. Le phénomène d'agenciarisation est la déclinaison d'un processus plus large d'opérationnalisation de l'Espace de liberté, de sécurité et de justice en général et de la politique d'immigration et d'asile en particulier. L'agenciarisation constitue un objet de nature à être éclairé des différents points d'observation qu'offre une approche pluridisciplinaire.

D'autres recherches sont également conduites sur la gouvernance internationale en Méditerranée, qui touchent les domaines cités : Mer et activités humaines (exploitation des ressources marines biologiques et minérales, navigation, instruments de coopération) ; Mer et culture (expérience(s) et avenir du dialogue interculturel en Méditerranée ; culturalisme et identité), Mer et sécurité. En effet, par-delà les compétitions et rivalités, la problématique de ce qui est commun a conduit de longue date à la mise en place de mécanismes internationaux de gouvernance ; le « système de Barcelone » (la Convention et ses dix protocoles additionnels) depuis 1976 en constitue une des importantes manifestations. Dans le même temps, les riverains, mus par un accord tacite, se sont abstenus, jusqu'à une époque récente, de revendiquer l'exercice de droits souverains sur l'espace au-delà de la mer territoriale : soumise au régime de la haute mer, l'essentiel de la Méditerranée reste alors une mer libre. Cette époque est néanmoins révolue et nombre d'évolutions contemporaines questionnent aujourd'hui les pratiques et stratégies étatiques, le rôle des acteurs non étatiques (UE, ONU, acteurs privés, acteurs infra-étatiques) de même que les mécanismes de coopération jusque-là mis en place. Les facteurs qui concourent à ces évolutions et questionnements se conjuguent pour être souvent synonymes de risques nouveaux ou aggravés.

Rivalités dans l'accès aux ressources biologiques, perspectives renforcées d'exploitation de ressources pétrolières et gazières, développement de l'exploitation des énergies renouvelables (éolien marin), pression sans précédent sur les gisements de granulats marins : tout concourt à renforcer la compétition entre les riverains, désormais lancés dans des stratégies d'accaparement des ressources, au-delà des eaux territoriales. Autrefois libre, la mer Méditerranée devient aujourd'hui une mosaïque de zones économiques exclusives, obéissant à des régimes différents, exacerbant les conflits d'usage et soulevant de délicates questions de délimitation, comme

en témoignent, entre autres, le différend dans le Golfe de Piran, ou les tensions entre l'Espagne et la France dans le Golfe du Lion. Le DICE a développé des compétences dans ce domaine de juridictionnalisation de l'espace marin.

Les révolutions arabes ont bouleversé la géopolitique régionale. La solidarité européenne en matière de police des mers a été mise à mal. La chute de régimes autoritaires au sud de la Méditerranée (Libye notamment) et le conflit syrien accroissent de façon sensible la crise migratoire en Méditerranée. Dans ce contexte, les perspectives en matière de politique douanière, l'avenir du système Frontex, les manifestations du renforcement de l'action des Etats en mer (EuNavFor Med et plus généralement une militarisation croissante de la Méditerranée), le rôle d'acteurs comme l'ONU, constituent des questions nouvelles qui gagneront à être saisies dans le maillage interdisciplinaire qu'offrira l'IEM.

II. FORMATION

Le volet formation sera un puissant levier dans la dynamique de transformation portée par l'Institut. Le modèle proposé s'est très largement inspiré des expériences menées en particulier à Berlin et à Oxford. Alors qu'il existe à l'étranger des mentions en « *Mediterranea Studies* »¹ de la licence au doctorat, l'offre de formation sur les études méditerranéennes en France reste peu visible, y compris à Aix-Marseille Université. L'objectif de cet Institut est de donner une visibilité au domaine des « Etudes méditerranéennes » inédite en France, aux enjeux mondiaux encore trop peu explorés.

Les principes qui prévalent peuvent être résumés comme suit :

- i. Des formations alternant enseignements théoriques et formations professionnalisantes en immersion dans la recherche vivante
- ii. Une implication des personnels CNRS et des EC issus des divers périmètres de l'Institut, ainsi que des partenaires institutionnels non universitaires (Ministère de la Culture par ex.) et les acteurs du monde socio-économique et industriels dans la formation.
- iii. Un haut niveau de prérequis qui impose un examen des dossiers à l'entrée et un nombre contrôlé d'inscrits.
- iv. Un suivi individualisé des parcours d'étudiants.
- v. Une internationalisation des recrutements
- vi. Une internationalisation de la formation (professeurs invités, développement des échanges avec nos principaux partenaires étrangers).
- vii. Un tutorat intégré dans le cursus Master par implication des doctorants et des post doctorants recrutés par l'Institut.

Le déploiement du volet formation est programmée en deux temps :

1. Phase de mise en œuvre dans l'esprit de réforme de l'Institut : en générant des contenus de formation nouveaux dans les 8 masters disciplinaires associés en complément des enseignements actuellement proposés par les départements, et en structurant dès 2020 cette nouvelle offre de formation à partir d'un tronc commun autour : du parcours-étudiant, de l'articulation master/doctorat par un parrainage, une formation plus poussée dans certaines langues, de stages en laboratoires et/ou en entreprises sur des actions ciblées de recherche et d'innovation, en France ou à l'étranger, de l'interdisciplinarité en « Mediterranean Studies » qui renouvelle concepts, outils et méthodes afin de comprendre les sociétés en mutation.
2. Phase de création d'un master d'études méditerranéennes en 2023 au moment de la nouvelle accréditation : avec la constitution de passerelles avec les 8 autres masters impliqués.

¹ New York University <http://cems.as.nyu.edu/page/graduate>,

University of Malte <https://www.um.edu.mt/arts/Mamediterraneanstudies>,

University of the Peloponnese <http://pedis.uop.gr>

King's College London, University of London, <http://www.kcl.ac.uk/study/postgraduate/research---courses/middle---eastern---studies---research---phil---phd.aspx>

L'objectif de l'Institut d'études méditerranéennes est d'amener les étudiants vers une **connaissance approfondie des grands héritages de la Méditerranée** et vers une **compréhension plus raisonnée de ses enjeux actuels**. L'Institut proposera un **programme de formation interdisciplinaire fortement individualisé** permettant aux étudiants d'adapter leurs études selon leurs intérêts dans une large gamme de disciplines de SHS, en renforçant la formation interdisciplinaire et la mobilité étudiante internationale.

Le programme de formation de l'Institut vise à :

- Introduire dès le master des enseignements pluridisciplinaires, en remplaçant les phénomènes sociaux et culturels du présent dans une histoire de longue durée ; construire cette culture interdisciplinaire sur un socle de connaissances et d'apprentissages disciplinaires exigeants, condition préalable à l'assimilation d'autres approches disciplinaires de façon pertinente et maîtrisée, afin de dépasser les simplifications et les stéréotypes qui, diffusés dans la société civile, sont producteurs de malentendus et de tensions.
- Créer des parcours en *Mediterranean Studies* (du master au doctorat) qui n'existent pas en France (et sont rares ailleurs). AMU est en position de construire progressivement cette filière de formation, en s'appuyant sur une recherche de qualité, couvrant entièrement le secteur des sciences humaines et sociales (histoire, sociologie, anthropologie, géographie, histoire de l'art, économie, droit, démographie), et ouverte aux autres secteurs disciplinaires, pour former des cadres et des experts dans les domaines des relations internationales, du développement, des politiques publiques, de l'aménagement, de la communication et de la médiation, de la culture et du patrimoine.
- Décloisonner les traditions intellectuelles nationales, et créer les conditions d'un partage des données et d'une recherche future réellement collaborative, en particulier entre le nord et le sud de la Méditerranée, par une internationalisation accrue, par le développement du multilinguisme et par la mobilité enseignante et étudiante.

2. Master : renforcement, à l'intérieur des parcours-types existants, des formations interdisciplinaires en « Etudes méditerranéennes »

L'Institut, en s'appuyant notamment sur le potentiel de formation des chercheurs (CNRS et IRD) et les formations développées dans les unités de recherche, mais aussi sur des partenaires extérieurs à AMU, définira un catalogue d'unités d'enseignements dédiés aux études méditerranéennes, complémentaires par rapport aux enseignements existants, selon 4 catégories :

- **UE d'étude critique des disciplines (épistémologie)** : cet ensemble propose des renforcements disciplinaires au regard des terrains méditerranéens, en analysant l'apport de ces derniers à la construction des disciplines en sciences humaines et sociales (historiographie de la Méditerranée, anthropologie de la Méditerranée, etc.) ; ils permettront aux étudiants d'acquérir des bases solides pour le positionnement des recherches en Méditerranée, et des éléments de compréhension de leurs avancées théoriques ;

- **UE thématiques « Enjeux et défis de la Méditerranée, regards transversaux et de longue durée »** : ces enseignements seront adossés aux programmes de recherche (migrations ; enjeux patrimoniaux ; usages des ressources ; énergie ; genre ; eau et société ; interactions hommes-milieus ; la Méditerranée dans l'histoire de la mondialisation...). Ces UE, mobilisant plusieurs secteurs du savoir sur des thématiques spécifiques, seront assurées par plusieurs enseignants provenant des disciplines concernées, éventuellement en co-présentiel, pour leur articulation cohérente et un surcroît de formation aux pratiques interdisciplinaires.

- **UE « Des données aux formes d'écriture »** : connaissance des grands dépôts de données, constitution des corpus, traitements des sources et méthodologies, édition et interprétation des textes, humanités numériques, *visual studies*, nouvelles pratiques de recherche, intégration des pratiques artistiques à la recherche, formats d'écriture, etc.

- **UE de perfectionnement en langues par et pour les sciences sociales** (en particulier pour les langues de la Méditerranée).

Le cursus sera ouvert, pour commencer, aux étudiants inscrits **dans 8 mentions de master en SHS**. Elles correspondent notamment aux disciplines associées dans les portails de licence. À savoir : « Anthropologie », « Études Européennes et Internationales », « Géographie Aménagement Environnement et Développement », « Histoire Civilisations Patrimoine », « Histoire de l'art », « Sociologie », et parcours-type « Mondes arabe, musulman et hamito-sémitique » de la mention « Langues et sociétés » de l'UFR ALLSH ; mention « « Droit international et droit européen » de la FDSP. Le cursus pourra également être proposé aux masterants de Langues et littératures, et d'Etudes culturelles (UFR ALLSH), en fonction de l'adossement des parcours-types aux unités de recherche composant l'Institut, ou des équipes-projets qui le rejoindraient ultérieurement.

Ce cursus, qui s'adresse à des étudiants à fort potentiel, sera une formation renforcée qui associera ainsi la formation majeure dans l'une des disciplines des SHS et une interdisciplinarité tournée vers les études méditerranéennes, avec les enseignements proposés par l'Institut pour les parcours recherche comme pour les parcours professionnalisants.

Ces enseignements pourront être délivrés sous la forme de séminaires groupés sur 4 journées (école d'été de masterants) pour des UE de 6 ECTS, en français ou en anglais, et éventuellement dans une tierce langue de la Méditerranée pour des enseignements spécialisés.

L'Institut, en s'appuyant notamment sur le potentiel de formation des chercheurs (CNRS et IRD) et les formations développées dans les unités de recherche, mais aussi sur des partenaires extérieurs à AMU, définira un catalogue d'unités d'enseignements dédiés aux études méditerranéennes, complémentaires par rapport aux enseignements existants, selon 4 catégories (les exemples ci-dessous ne sont pas exhaustifs ; ils définissent un premier panel des possibles) :

Etude critique des disciplines en Méditerranée	Enjeux et défis de la Méditerranée, regards transversaux et longue durée	Des données aux formes d'écriture (en lien avec les questions méditerranéennes)
Historiographie	Energie, usages des ressources, environnement	Connaissance des grands dépôts de données – lien avec les TGIR
Anthropologie	Religions	Traitement des sources et méthodologie
Sociologie	Migrations et frontières	Humanités numériques
Géographie	Politiques publiques	Edition et interprétation des textes
Droit et Sciences politiques	Villes et territoires	Connaître les collections dédiées à la Méditerranée
Histoire de l'Art	Espace économique mondial (local/global, marchés de travail, élites)	Traitement des données quantitatives – PUD AMU-PROGEDO
Herméneutique des textes sacrés	Patrimoines matériel et immatériel	Nouvelles pratiques de recherche et formats d'écriture
	Genre, parenté, vieillissement	Visual studies
	Interactions Hommes-Milieus	Intégration des pratiques artistiques à la recherche

Un **contrat d'études spécifique** à chaque étudiant sera élaboré avec l'appui conjoint du directeur de mémoire et de l'enseignant-chercheur référent de la mention d'inscription de l'étudiant ; ce contrat sera revu et adapté à l'issue de chaque semestre.

Le principe du cursus revient à associer un socle disciplinaire constitué d'UE propres à la mention d'inscription de l'étudiant et des enseignements thématiques choisis au sein du catalogue des UE proposées par l'IEM, l'étudiant validant ainsi 36 ECTS supplémentaires sur les deux années de master.

Par exemple, un étudiant inscrit en master Histoire, Civilisations, Patrimoine et ayant choisi le parcours Le Monde moderne et contemporain pourrait suivre le cursus suivant :

Aix-Marseille Université Master Histoire, Civilisations, Patrimoine Parcours : Le Monde moderne et contemporain		Institut d'Etudes Méditerranéennes Formations complémentaires	
Semestre 7			
Cours spécialisé 2 : Anthropologie historique	6 ECTS	Etude critique des disciplines : Anthropologie de la Méditerranée	6 ECTS
Cours spécialisé 7. Aires culturelles extra-européennes 1 : faire l'histoire des mondes coloniaux et post-coloniaux	6 ECTS	Enjeux et défis de la Méditerranée, regards transversaux et longue durée : Migrations	6 ECTS
Cours spécialisé 8. Aires culturelles extra-européennes 2 : sources et méthodes de l'histoire des mondes coloniaux et post-coloniaux	6 ECTS		

Mémoire	9 ECTS		
Tronc commun 1 : la recherche comme projet 1	6 ECTS		
Tronc commun 2 : le chercheur et ses sources	3 ECTS		
Langue vivante	3 ECTS		
Semestre 8			
Formation à la recherche	3 ECTS	Des données aux formes d'écriture : traitement des données quantitatives - PUD AMU PROGEDO	6 ECTS
Mémoire	12 ECTS		
Soutenance	3 ECTS		
Tronc commun 1 : la recherche comme projet 2	6 ECTS		
Option: Anthropologie des migrations	6 ECTS		
Semestre 9			
Cours spécialisé 3. Espaces et circulations	6 ECTS	Etude critique des disciplines : Historiographie de la Méditerranée	6 ECTS
Cours spécialisé 4. Savoirs et pouvoirs	6 ECTS	Perfectionnement en langues par et pour les sciences sociales	6 ECTS
Cours spécialisé 1. Histoire des représentations	3 ECTS		
Formation à la recherche	3 ECTS		
Mémoire	12 ECTS		
Option : Histoire de l'Afrique contemporaine	6 ECTS		
Semestre 10			
Stage professionnel	6 ECTS	Des données aux formes d'écriture : visual studies	6 ECTS
Mémoire (recherche)	15 ECTS		
Mémoire (mise en forme)	3 ECTS		
Soutenance	6 ECTS		
	120 ECTS		36 ECTS

Aux débouchés professionnels attendus à l'issue du master Histoire, Civilisations et Patrimoine, s'ajoutent de nouveaux débouchés professionnels permis par la spécialité en études méditerranéennes offerte par l'Institut d'Etudes Méditerranéennes, tels que :

Chargé de mission en organisation internationale ; Chargé de coopération et d'action scientifique et culturelle en ambassade ou dans les institutions internationales etc.

De même que pour l'exemple précédent, l'étudiant ayant opté pour un master de sociologie avec le cursus « études méditerranéennes » pourrait s'intégrer professionnellement en tant que *chargé d'études, ou chargé de missions dans des organisations internationales, des ONG, chargé de projets dans des institutions spécialisées dans la coopérations euro-méditerranéenne etc.*

Les débouchés professionnels visés sont alors multiples² : chargé d'études dans des administrations, collectivités locales, observatoires, organisations internationales ; consultant en cabinet et bureau d'études ; chargé de projet dans les institutions spécialisées dans la coopération euroméditerranéenne (e.g. ANIMA³) et ONG ; chargé d'évaluation des politiques publiques ; analyste de l'information économique, démographique et sociale etc.

3. Un contrat d'études individuel

Le dispositif de formation reposera sur la **modularité en fonction du projet de chaque étudiant**. Les pré-requis combineront les attendus disciplinaires et méthodologiques propres à la mention choisie par l'étudiant et des attendus spécifiques au cursus proposé par l'Institut. La sélection se fera sur dossier et entretien, avec pour critères le niveau de réussite dans le diplôme antérieur, un profil international avéré ou potentiel, un niveau solide en langues étrangères et un projet personnel marqué par l'ouverture pluridisciplinaire.

Un **contrat d'études spécifique** à chaque étudiant sera élaboré avec l'appui conjoint du directeur de mémoire et de l'enseignant-chercheur référent de l'Institut de la mention d'inscription de l'étudiant ; ce contrat sera revu et adapté à l'issue de chaque semestre. **Le principe du cursus revient à associer un socle disciplinaire constitué d'UE propres à la mention d'inscription de l'étudiant et des enseignements thématiques choisis au sein du catalogue des UE proposées par l'Institut, l'étudiant validant ainsi 36 ECTS supplémentaires sur les deux années de master** (par exemple 6 UE de 6 ETC). L'Institut offre ainsi aux étudiants qui le souhaitent une confrontation avec des démarches et des traditions scientifiques en dehors de la discipline de mention du master, qui leur permettent d'enrichir les questionnements sur leur objet de recherche.

Effectifs prévisionnels : 25 étudiants par année de master dont au moins deux par mention de master concernée pour un total de 50 étudiants.

4. Double diplomation interdisciplinaire et internationale

A ce titre, ce cursus facilitera l'accès au double diplôme, que ce soit entre les mentions impliquées ou dans le cadre des Diplômes en Partenariat International (DPI). Des procédures simplifiées d'accès au double diplôme seront proposées aux étudiants du cursus, en faisant valoir la part importante des enseignements transdisciplinaires. En ce qui concerne la double diplomation à l'international, elle sera accessible dans le cadre des DPI existants (Master International Franco-Italien (MIFI), cursus intégré avec les universités de Milan *La Statale* et Rome *Sapienza* ; cursus intégré TübAix, Université Franco-Allemande) mais elle constituera aussi une ligne directrice pour l'évolution de la formation à cinq et dix ans. Pour l'ensemble des mentions, la récente signature de l'accord pour la création du Campus Transnational Nord Méditerranéen donnera un cadre facilité au rapprochement des offres de formation et au déploiement de doubles diplômes.

5. Evolution de l'offre de formation

Le cursus constituera le socle d'une véritable formation aux *Mediterranean Studies*.

La création d'une mention de master consacrée aux Etudes Méditerranéennes est un objectif à 3 ans, qui pourra être atteint en enrichissant le cursus à l'issue d'un premier contrat d'accréditation. La mise en place d'une mention *Mediterranean Studies* devra se penser en interaction étroite avec les universités CIVIS afin que les offres de formation de ces partenaires permettent la mise en place de cursus intégrés et de diplômes en partenariats internationaux. À terme, chaque étudiant se verra proposer un double diplôme, soit en France soit à l'international.

² UNDP, UNHCR, World Bank, Amnesty International, Humans Right Watch, Oxfam, Carnegie Endowment for International Peace ; Think tanks : Arab Reform Initiative, Unimed
Chambre de commerce et d'industrie, cabinets de conseil et d'assistance technique, collectivités territoriales.

³ <http://www.animaweb.org/fr/nos-projets>

6. Formation continue et diplôme universitaire *Etudes méditerranéennes*

Afin de donner une meilleure visibilité à ce domaine de recherche et de formation, on envisage la création d'un **diplôme d'université, spécialisé en « Études Méditerranéennes » postmaster** (jalon à 3 ans). Cette formation n'a pas d'équivalent en France. En formation continue, elle pourra être ouverte, pour les non-titulaires d'un master, après VAE ou VAP ; elle répond à des besoins avérés pour des praticiens des questions et espaces méditerranéens en recherche d'apports théoriques, d'outils et de connaissances pour la compréhension des grands enjeux de la Méditerranée. Ainsi des cadres des fonctions publiques, des agents des collectivités, des salariés des organisations non gouvernementales, associations, fondations, entreprises, médias sont en attente d'une formation à la recherche et par la recherche, mettant l'accent sur la transdisciplinarité et l'acquisition de compétences sur les données de la recherche (accès aux données quantitatives, standard des humanités numériques).

En outre, dans le cadre du partenariat socio-économique, une offre de formations certifiées (formation continue et payante) à la connaissance des sociétés, des économies et des cultures de diverses régions de la Méditerranée (Balkans, Proche-Orient, Maghreb, Europe du Sud) pourra être délivrées, avec la participation des doctorants ou de jeunes docteurs (espace de professionnalisation des étudiants ; apprentissage à la formation)

L'Institut d'études méditerranéennes élaborera une offre de haut niveau sur les enjeux politiques et sociaux de la Méditerranée et des coopérations Sud-Sud, à destination des autres secteurs de la recherche (sciences et technologies, santé, environnement), des corps diplomatiques, des cadres de coopération décentralisée, des ONG et des entreprises multinationales.

7. Internationalisation et professionnalisation de la formation doctorale

L'Institut proposera également une **professionnalisation et une internationalisation de la formation doctorale** avec un ensemble de modules de formation et de valorisation de compétences scientifiques et techniques (méthodologie, langues, outils numériques, etc.) et un **cycle d'écoles d'été** qui bénéficiera également aux étudiants de master. L'Institut développera un dispositif de **formation doctorale professionnalisante** par l'entremise d'un volant permanent de bourses CIFRE adossé aux entreprises, associations, ONG et collectivités publiques avec lesquelles les laboratoires ont développé des collaborations régulières.

Sont rattachés au domaine de l'Institut une centaine de doctorants, majoritairement de l'**ED 355** ; l'**ED 67** est également impliquée.

Les diplômes de master et de doctorat seront en outre envisagés dans une **perspective internationale** avec la création d'un *European Joint Doctorate* (avec des contrats doctoraux fléchés pour promouvoir les cotutelles) et de *Joint Masters Degrees* avec les partenaires du Campus transnational nord méditerranéen et d'autres partenaires internationaux avec lesquels les collaborations de recherche sont déjà solides.

III. PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES RATTACHEES A L'INSTITUT

Etat des lieux

L'essentiel des plateformes est appuyé sur la MMSH, mais les bases de données liées à des programmes et à des unités sont très dispersées et segmentées. L'Institut opérera pour la mise en cohérence et la convergence de ces dernières avec, comme horizon, l'interopérabilité qu'offrent les plus grandes infrastructures : c'est un point-clef de collaboration entre l'Institut et la MMSH.

Une forte coordination à la MMSH est déjà en place, l'équipe dédiée aux questions numériques et les personnes ressources de l'USR 3125 ont amorcé depuis janvier 2018 la mise en œuvre d'une stratégie collective (partage des ressources et des compétences, mise en cohérences des services) afin de coordonner et de mettre en synergie l'ensemble des réalisations dans ce domaine. Au-delà de dispositifs numériques fédérateurs comme le portail des carnets de recherche Hypotheses de la MMSH ou à plus grande échelle CINUMED, les différentes plateformes, gérées par les laboratoires porteurs, composent un ensemble riche d'outils et de dispositifs de travail, de valorisation et de diffusion des données issues de la recherche en SHS. Un pôle numérique rassemble les correspondants numériques des différents laboratoires associés de la MMSH et dont l'ensemble des activités est coordonné par une chargée de mission numérique. Les plateformes sont déjà associées à des acteurs nationaux comme les consortia de la TGIR Huma-Num et contribuent à l'implémentation de quatre des cinq réseaux de plateformes du RnMSH sur le site d'AMU : Spatio (données spatialisées), Scripto (données notées), Audio/Visio (corpus audiovisuels) et Data (corpus de données quantitatives). Un référent pour la TGIR Huma-

num ainsi qu'un référent pour la TGIR PROGEDO sont présents respectivement à l'échelle de la MMSH et d'AMU. Ils assurent une interface auprès des équipes de pilotage des deux TGIR. Ils sont aussi les passeurs directs des bonnes pratiques du numérique auprès d'un réseau de personnels interne pour recenser les besoins, aider et signaler ces mêmes besoins ainsi que les problèmes rencontrés aux TGIR.

La Plateforme Universitaire de Données d'AMU, appuyée sur la MMSH, est intégrée au réseau national des PUD, coordonné par la TGIR PROGEDO. Elle se distingue des autres PUD françaises par son expertise sur les données méditerranéennes, renforçant sa capacité de conseil et d'accompagnement sur l'utilisation de ces données pour des recherches sur la Méditerranée. Son rôle est d'accompagner les porteurs de projets pour produire un état de l'art des sources de données quantitatives disponibles sur la Méditerranée, de donner un arbitrage sur le choix des sources de données à utiliser et d'aider à la mise en place de plans de gestion de données.

Stratégie de déploiement

1- Faire converger les données

Une perspective de mise en synergie de l'Institut sera d'intégrer davantage les laboratoires extérieurs à ce pôle déjà constitué à la MMSH. Ainsi, pourront être associés les référents des laboratoires hors MMSH présents dans l'Institut, avec lesquels des collaborations informelles sont déjà nouées. Le premier pas vers le regroupement des données sera ainsi la consolidation de l'interopérabilité des données d'autres unités de l'Institut avec celles de la MMSH. Ceci sera réalisable à travers une stratégie des plateformes qui pourra se développer dans la perspective du projet Big Data AMU.

2- Créer de nouvelles plateformes de données statistiques et de visualisation en SHS

C'est un projet émergent en cours d'accompagnement par la SATT : réalisation d'ici 3 ans, avec mise en œuvre d'un prototype dans un premier temps, sur un thème de recherche donné : par exemple "les migrations" mais qui serait reproductible ensuite sur d'autres thèmes en SHS, par exemple "les Balkans", "la Religion", "Méditerranée-Afrique".

La plateforme proposera d'apporter des informations dans les directions suivantes :

- Des données, pour quoi faire ? Comment synthétiser la production massive d'indicateurs et de statistiques sur la migration (en réponse au constat d'une "frénésie des données" depuis 2015) ? Quelles sont les faiblesses potentielles de la production actuelle de données ? Rendre interopérables les données sur les migrations sur un seul site, alors qu'elles sont dispersées actuellement sur différents sites : OIM, HCR, Eurostat
- Remettre en question la méthodologie adaptée pour proposer des connaissances innovantes sur les questions migratoires de manière pluridisciplinaire. Inclure des données inédites produites par des équipes de recherche internationales et interdisciplinaires, en lien avec des instituts nationaux de la statistique.
- Proposer les techniques de visualisation les plus appropriées pour diffuser les données sur la migration aux personnes non spécialisées dans l'analyse des données.
- Science ouverte : rendre les méthodes, les protocoles, les hypothèses utilisées pour produire des techniques visuelles aussi transparentes, partageables et reproductibles que possible.

A terme : produire une plateforme active, qui pourra, par exemple, contenir un "système d'alerte ou de veille" permettant d'interroger le visiteur sur l'usage fait des données qu'il aura auparavant consultées.

La réalisation de nouvelles plateformes sur ce modèle durant les 10 prochaines années fera l'objet de collaborations étroites avec d'autres laboratoires d'AMU pour développer les algorithmes des plateformes, tel le LIS (Laboratoire d'informatique et systèmes, UMR 7020) et contribuera ainsi au développement de l'intersectorialité.

3- Développer le lien Plateforme et formation

Différentes initiatives de formations seront menées afin de faciliter l'évolution des cultures professionnelles et d'intégrer pleinement les innovations numériques dans la recherche. La synergie viendra de la recherche, un

plan d'action recherche sera donc mené pour les plateformes. Le but étant de former une communauté d'utilisateurs qui sache utiliser les plateformes existantes. Pour chaque projet que l'Institut va porter, une formation spécifique ouverte aux étudiants sera réalisée afin que les porteurs puissent s'appuyer sur les outils et données existantes. Ces dispositifs personnalisés complèteront les ateliers de sensibilisations existants (présentation des services proposés par les TGIRs, initiatives en liens avec d'autres services d'AMU, en lien avec les plateformes de la Maison de la Recherche). Les plateformes ArkeoGis et Demomed sont aujourd'hui des outils de formations clefs en archéologie et démographie. Cela participe à la création de synergies entre recherche et formation.

IV. RELATIONS AVEC LE MONDE SOCIO-ECONOMIQUE ET CULTUREL – POTENTIEL D'INSERTION PROFESSIONNELLE

Les unités rassemblées ont déjà développé des relations de recherche et de valorisation de la recherche avec les collectivités territoriales, des institutions culturelles (Mucem, Mémorial Du Camp des Mille, Musée d'histoire de Marseille, MAAOA, INA, Fondation Camargo, divers festivals...), des agences (Réseau Entreprendre en Méditerranée ; ADEME – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie ; Adéus - Agence d'Etudes Urbaines et Sociales – Marseille...) et des Pôles de compétitivité (comme CapEnergies). L'objectif de l'Institut est de développer significativement ces collaborations dans le cadre de programmes de recherche et développement, et de les mettre au service de la formation. L'Institut pourra être à l'origine de processus expérimentaux sur la Méditerranée à travers la participation d'acteurs professionnels du numérique extérieurs. Comme le fait actuellement le projet "La fabrique des écritures innovantes en sciences sociales" (Centre Norbert Elias), les chercheurs pourront puiser dans des données muséales ou artistiques pour fabriquer de nouvelles productions. Cela incitera la montée en puissance de convergences de la recherche et du monde socio-économique.

1. Relations partenariales et formation par la recherche

L'Institut développera un dispositif de **formation par la recherche (Master et Doctorat) professionnalisant** par l'entremise d'un volant de stage Master 2 et d'un volant permanent de bourses CIFRE adossé aux entreprises, associations, ONG et collectivités publiques avec lesquelles les laboratoires ont développé des collaborations régulières. L'expérience nous enseigne que ces promotions de diplômés comptent parmi elles des étudiants tout à fait aptes à engager une recherche doctorale. En outre on sait aussi que cette formule de thèse associée à un partenaire socio-économique peut offrir un débouché motivant pour des étudiants issus d'un master recherche. L'Institut organisera chaque année une journée « Travailler dans et par la recherche » qui sera l'occasion de présenter aux étudiants de masters une sélection de thèses en alternance en cours de réalisation.

Dans le cadre de leur formation académique, le masterant ou le doctorant aura la possibilité de réaliser une mission complémentaire chez un partenaire non-académique. Ces missions de conseil ou d'expertise (recherches bibliographiques, expérimentations, enquêtes, réalisation de site web, accompagnement de projet, conseil, analyse juridique, étude de marché ou de faisabilité etc.) représentent une excellente préparation pour les futurs docteurs qui se destinent à des carrières dans le privé. Elles leur permettent notamment d'appréhender les enjeux de l'entreprise, d'éprouver leur adaptabilité et créativité dans un contexte différent. Le renforcement du **dispositif doctorant-conseil** aura pour ambition de permettre aux doctorants et au monde professionnel de mieux se connaître. Ainsi sera mis sur pied un **Cercle de partenaires professionnels et institutionnels de l'Institut** qui facilitera l'organisation de stages étudiants de qualité, et rassemblera des entités originaires de France et des pays partenaires. Dans la région méditerranéenne, l'Institut s'associera aux différents programmes initiés par l'Union pour la Méditerranée tels que HOMERe – Haute Opportunité en Méditerranée pour le Recrutement de cadres d'excellence.

Mode opératoire

Une approche en deux temps : 1. Constitution d'une cartographie des partenaires socio-économiques 2. Actions auprès de ces partenaires pour recenser leurs besoins en termes de formation et recherche en articulation avec

les domaines d'excellence de l'Institut. Ce travail d'articulation est crucial pour bien réussir la professionnalisation des étudiants.

Parallèlement, l'Institut développera, en partenariat avec les formations, les écoles doctorales et le cercle des partenaires une ingénierie de la formation par la recherche en développant :

- un dispositif de stage, un dispositif de montage de bourses CIFRE en collaboration avec l'ANRT, un dispositif de recherche et développement en lien avec la SATT (Incubateur qui articulera les besoins des partenaires avec les contenus de l'Institut).

S'appuyant sur le **Cercle de partenaires professionnels et institutionnels de l'Institut**, les étudiants en formation initiale pourront trouver des débouchés professionnels au sein d'institutions internationales le plus souvent culturelles et humanitaires, entreprises internationales ou services exports d'entreprises nationales, cabinets de consultants internationaux des secteurs du commerce international et du recrutement international, associations et ONG.

- **Métiers de l'économie sociale et solidaire, de l'animation et de la promotion des territoires** (valorisation du patrimoine et biens culturels, organisation d'événements culturels, tourisme) aux échelles locale et régionale, au service des collectivités, des ONG, du monde associatif.

Chargé(e) de mission développement local, chargé(e) de développement culturel, chargé(e) de médiation interculturelle / médiateur culturel, chargé(e) de projet dans les institutions spécialisées dans la coopération euroméditerranéenne.

- **Métiers de la coopération culturelle et de la médiation interculturelle**, au service des Etablissements publics et services de l'Etat, de l'Union européenne, des services culturels des ambassades, des instituts et centres culturels dans l'aire méditerranéenne.

Expert(e), chargé(e) de mission (en relation avec le Ministère des Affaires Étrangères), fonctionnaire public d'État ou territorial dans les ministères de souveraineté et de coopération scientifique et technique (concours).

- **Métiers du conseil et des études**

Consultant(e) en cabinet ou bureau d'études, chargé(e) d'études et de prospectives socio-économiques, chargé(e) d'études et de conseil en communication, chargé(e) d'évaluation des politiques publiques, analyste de l'information économique, démographique et sociale.

- **Métiers de la culture et du patrimoine** avec une spécificité méditerranéenne

Chargé(e) des services culturels et du patrimoine, conservateur, attaché(e) territorial de conservation et gestion du patrimoine, chargé(e) du développement des publics et de l'action culturelle.

- **Métiers du journalisme, de la communication et de la vulgarisation des savoirs scientifiques**, à l'interface entre sciences sociales et société, fonctions de diffusion et d'intermédiation sur des questions en débat requérant une expertise scientifique.

La contribution du cercle des partenaires professionnels de l'Institut au diplôme universitaire en études méditerranéennes permettra une insertion professionnelle active et en adéquation avec les besoins spécifiques du bassin d'emploi en Méditerranée.

2 Arts-Sciences : recherche et création en et sur la Méditerranée

En fédérant les projets amorcés par plusieurs de ses unités (CNE, IDEMEC, IREMAM, LAMES, LEST, CGGG), avec d'autres unités d'AMU (LESA) et l'IMÉRA et les écoles d'art d'Aix et de Marseille, l'Institut d'études méditerranéennes pourra se positionner comme une institution nationale centrale dans la promotion des recherches et de l'innovation dans le domaine sciences humaines et arts.

Il s'agira tout d'abord de développer une synergie entre les équipes impliquées dans des projets art-science en ouvrant (1) un séminaire de recherche et de formation accueillant chercheurs, enseignants chercheurs, doctorants et masterants ; (2) un pôle d'exploration de formats innovants dans le domaine de l'édition numérique ; (3) en soutenant la mise en œuvre d'expérimentations art-sciences entre l'Institut et ses partenaires. Avec ses

partenaires, l'Institut ambitionne de participer à un projet européen du programme *Creative Europe* qui soutient les initiatives culturelles.

V. COHERENCE DE LA DEMARCHE FEDERATRICE / ROLE PROSPECTIF ET STRUCTURANT DE L'INSTITUT A 3, 6 ET 9 ANS

L'institut intègre 12 des 16 unités partenaires de LabexMed (une autre partie rejoignant le projet d'Institut d'Archéologie), pour donner de la cohérence et renforcer le maillage scientifique qu'elles ont réalisé ces dernières années. Il présente des potentialités d'ouverture à des équipes-projets provenant d'autres unités, notamment en lettres, langues et arts. Il s'inscrit de façon cohérente dans les objectifs de la MMSH tels qu'ils ont été définis : fédérer des équipes au-delà des unités associées hébergées de façon à jouer pleinement son rôle de Maison des Sciences de l'Homme dans le cadre de la politique de site. Ses actions auront comme objectif une plus-value en termes de visibilité, d'attractivité, de structuration des relations internationales et de formation. Il créera en particulier de nouvelles synergies dans les domaines « recherche et développement », et « recherche et création ». On recherchera en priorité un « effet levier » par une politique d'incubation et de premiers soutiens à des projets collaboratifs, internationaux, avec les partenaires socio-économiques et promouvant la jeune recherche. Pour son volet formation, l'Institut est étroitement lié à l'UFR ALLSH ; il associe également la FSDP. Il vient dans un premier temps en soutien de parcours-types de master existants, pour déboucher sur une nouvelle formation en *Mediterranean Studies* à accréditer en 2023.

Premières mises en œuvre : par l'organisation de réunions stratégiques scientifiques régulières des Directeurs d'unités, des composantes formations, des directeurs des deux Ecoles doctorales, et des partenaires internationaux et non académiques sur les domaines thématiques prioritaires.

Relations avec les autres Instituts d'AMU : mise en œuvre des collaborations privilégiées avec l'Institut d'archéologie, notamment dans les domaines des humanités numériques et des recherches sur le patrimoine méditerranéen dans la longue durée ; ainsi qu'avec l'Institut des sciences de l'environnement, compte tenu des relations interdisciplinaires et intersectorielles. Sur le site d'Aix-Marseille, sa structuration sera particulièrement favorable au renforcement des partenariats avec le Département recherche du Mucem, l'EHESS (via le CNE), Sciences Po (IREMAM ; rapprochement en cours entre le LAMES et le Cherpa), les écoles d'art d'Aix et de Marseille.

Phase de mise en œuvre d'ici 3 ans avec 4 points forts : création d'un master d'études méditerranéennes, international et interdisciplinaire, renforcement de conventions universitaires internationales, création d'une première plateforme numérique, constitution d'un cercle des partenaires socioéconomiques et culturels.

Phase de consolidation, de développement, et de valorisation d'ici 6 ans : reconnaissance des créations en matière de formation et de recherche au niveau international (Chaire, label), création d'une 2^{ème} plateforme numérique (suivant le modèle de la première), large dissémination des résultats dans la culture scientifique, suivi des premières promotions d'étudiants, consolidation du cercle des partenaires socioéconomiques et culturels.

Phase de maturité d'ici 9 ans : l'objectif atteint de leadership international de l'Institut en ce domaine, mise en perspective et repositionnement de l'Institut en fonction des objectifs d'AMU.

VI. EXPRESSION DES BESOINS

Fonctionnement : voir tableau joint.

Locaux : nouveau bâtiment de la MMSH ; bureau-relais à Marseille, Vieille-Charité (CNE)

RH : appui sur les services de la MMSH (informatique, documentation, logistique, gestion, plateformes)

Demande mutualisée avec l'Institut d'archéologie :

- Chef de projet : IR CDI mise à disposition par la DRV, financée par LabexMed, pour ce programme ; financement demandé pour l'Institut
- Coordination recherche : IR CDI composante MSH (mise à disposition par la composante)
- Coordination formation : IE demandé
- Ingénieur ressources numériques : IR demandé.

Note de synthèse

en réponse aux propositions

du Board

Recommandation générale

Le Board mentionne que la porteuse de projet devra être accompagnée pour le volet formation.

Pour mener à bien le projet de création d'un master d'études méditerranéennes - qui entraîne dans sa dynamique 8 masters existants¹ - il est indispensable que la porteuse de projet soit soutenue par un directeur/trice adjoint(e) de formation qui soit déchargé(e) d'une partie de ses enseignements.

Faire une proposition de titre

- « Institut des sociétés en mutation » : ce titre proposé par le Board et retenu par le Consortium rend compte au plus près de la vision et de l'identité de l'Institut en SHS. Il est fédérateur. Il rend bien compte de la volonté de comprendre les dynamiques actuelles des sociétés étudiées, en considérant leurs héritages comme leurs perspectives d'évolution.

- Le terme « prospective » dans le titre a fait l'objet d'une discussion au sein du consortium. La prospective est une dimension innovante pour la plupart des laboratoires du Consortium. L'Institut l'explorera d'une part sur un mode critique : pour interroger le sens de la multiplication des appels aux scénarios dans nos sociétés. Et pour questionner les contingences en

SHS, notamment la variation entre continuité et rupture/bifurcation dans des situations d'instabilité durable.

Il le fera d'autre part sur un mode d'inventaire des facteurs/déterminants à prendre en compte dans la production de prospectives, avec le soutien des collègues démographes du consortium (familiers des projections) et de notre réseau international. Cependant, remonter ce terme dans le titre lui conférerait une place majeure, alors qu'il n'occupe qu'un des volets d'exploration de l'Institut en SHS. Le risque est de réduire l'identité de l'Institut à un « Institut du futur ».

- Le terme Méditerranée n'est pas retenu dans le titre général comme le propose le Board. Il sera cependant mentionné dans l'acronyme et dans l'intitulé du master de l'Institut. Si la Méditerranée, à différentes échelles, est considérée comme un laboratoire par les chercheurs du consortium, les terrains et questionnements étudiés débordent cet espace.

Approfondir le volet prospective (moyens, partenaires...)

L'Institut veut innover en ce domaine par une approche critique qui se base sur :

- un cadre analytique et empirique interdisciplinaire en SHS (démographie, économie, sociologie, sciences politiques, histoire, géographie, droit, philosophie, anthropologie).
- le développement de nouveaux outils et nouvelles méthodes mixtes (qualitatives et quantitatives, archives et télédétection d'images satellitaires, narrations

¹Anthropologie, Géographie, Etudes Européennes Internationales, Aménagement Environnement et

développement, Histoire Civilisations Patrimoine, Histoire de l'Art, Sociologie, Langues et Sociétés.

quantifiées, ethnographie et économétrie, texte et visualisation etc...).

- l'utilisation des *Big data* en sciences sociales (réseaux sociaux, téléphonie, télédétection) sans perdre de vue les enjeux éthiques associés.

- l'exploitation de grandes bases de données tirées d'enquêtes nationales et internationales dont l'accès et la préservation sont facilités par la TGIR PROGEDO et ses antennes universitaires. L'Institut collaborera étroitement avec la plateforme universitaire PROGEDO d'AMU et la plateforme DEMOMED (USR MMSH/LAMES- données démographiques en Méditerranée), notamment dans le cadre de formations sur les Data en SHS.

- la création de nouvelles plateformes de données statistiques et de visualisation en SHS, thématiques (thèmes prioritaires de l'Institut) et collaboratives, pour rendre compte des hypothèses, méthodes, protocoles, modélisations, résultats et produire des techniques visuelles aussi partageables et reproductibles que possible. La réalisation de ces plateformes fera l'objet de collaborations avec d'autres laboratoires d'AMU tels le LIS (Laboratoire d'informatique et systèmes).

L'Institut poursuivra des collaborations de recherche et de formation - en ce domaine de la prospective - avec des partenaires académiques² et non académiques reconnus, notamment : City University of London ; International Migration Institute, Oxford ; Institut convergence sur

les migrations ; Università degli studi di Roma La Sapienza ; . University of Amsterdam ; Vienna Institute of Demography of the Austrian Academy of Sciences (OEAW-VID) ; Copenhagen Institute for Futures Studies (CIFS) ; Instituts Nationaux de la Statistique (INS) ; FMES Fondation Méditerranéenne des Etudes Stratégiques ; Plan Bleu ; AFD ; Initiative prospective agricole et rurale, ONG située au Sénégal.

Développer le périmètre géographique des terrains d'enquête dans les laboratoires

- Premier cercle : Europe méridionale (de l'Espagne à la péninsule balkanique), Pays de l'UE, Maghreb (Algérie-Maroc-Tunisie), Egypte, Israël/Palestine, Liban, Syrie, Yémen, Turquie, Iran, les pays de l'Afrique de l'Ouest (Bénin, Cameroun, Côte d'Ivoire, Niger, Sénégal), et ceux de l'Afrique de l'Est.

- Second cercle : marges du Maghreb (Mauritanie, Libye), Soudan, corne de l'Afrique, péninsule Arabique, Irak, pays voisins de la Turquie et de l'Iran (Arménie, Tadjikistan, Afghanistan).

Ces terrains sont comparés à d'autres pays et espaces régionaux dans le monde.

Préciser les langues d'enseignement, le recrutement international des étudiants, les débouchés professionnels du master

- *Les langues d'enseignement* de la formation en master seront le français (forte demande d'étudiants internationaux francophones) et l'anglais dans le cadre

scenarios for the 21st century. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Deluermoz Q., Singaravélou P., 2016, *Pour une histoire des possibles. Analyses contrefactuelles et futurs non advenus*, Paris, Seuil. Dobry M., 2009, *Sociologie des crises politiques. La dynamique des mobilisations multisectorielles*, Presses de ScPo.

² Quelques références bibliographiques de ces partenaires : Ambrosetti E., Bloss T., Widmer Bloss I., Oliveau S, Pages M. (Edited by), 2018, *Ageing, Lifestyles and Economic Crisis: The New People of the Mediterranean*, London: Routledge. Flahaux F., De Haas H., 2016, African migration: trends, patterns, drivers, *Comparative Migration Studies*, 4:1. Paoletti E. and al., 2010, *The concept and theory of migration scenarios*, IMI Oxford. Springer. Lutz, W., A. Goujon, S. KC, M. Stonawski, N. Stilianakis [eds.], 2018, *Demographic and human capital*

d'une internationalisation de la formation (cours par des professeurs invités étrangers, développement des échanges avec nos principaux partenaires étrangers). D'autres langues de terrain telles que l'hébreu et l'arabe feront l'objet de stages linguistiques organisés avec les UMIFRE de Tunis et de Jérusalem et d'autres partenaires tels que l'Ifpo et l'IFAO.

Les actions de l'Institut pour le recrutement international des étudiants :

- Création d'un master *Mediterranean Studies* et d'une spécialité en doctorat, en partenariat avec les universités CIVIS et celles³ qui ont déjà mis en place un Master d'études méditerranéennes.
- Dans le cadre du réseau universitaire CIVIS, mise en oeuvre de Joint Masters Degrees et d'un European Joint Doctorate entre trois établissements différents pour des contrats doctoraux fléchés sur les trois axes de l'Institut. Accueil dans nos laboratoires d'étudiants étrangers en Master et Doctorat.
- Développement du partenariat international pour l'accueil de doctorants dans le cadre du « Label doctorat européen » (séjour de 3 mois dans un autre pays européen).
- Politique incitative auprès des universités étrangères partenaires (dont CIVIS) pour développer la réponse à des projets Marie-Curie *in coming* sur les thèmes prioritaires de l'Institut (soutien à mobilité courte et aide à l'écriture scientifique pour le montage de ces dossiers).
- Politique incitative auprès des universités étrangères partenaires pour un échange de post doctorants.

- Réponses à des ITN (Innovative Training Action) pour la constitution de réseaux de formation post doctorants.

Les débouchés professionnels hors champ académique de la recherche et de l'enseignement :

Une approche en deux temps de l'Institut :

1. Constitution d'une cartographie des partenaires socio-économiques
2. Actions auprès de ces partenaires pour recenser leurs besoins en termes de formation et recherche (stage en entreprises, bourses CIFRE, co-financement de contrats doctoraux et postdoctoraux).

- Métiers de l'économie sociale et solidaire, de l'animation et de la promotion des territoires. *Chargé(e) de mission développement local, chargé(e) de médiation sociale.*

- Métiers de la coopération culturelle et internationales. *Expert(e), chargé(e) de mission en relation avec le Ministère des Affaires Étrangères, fonctionnaire public d'État ou territorial, chargé(e) de projet dans les institutions spécialisées dans la coopération euro-méditerranéenne, chargé(e) des services culturels et du patrimoine.*

- Métiers du conseil et des études. *Consultant(e) en cabinet ou bureau d'études, chargé(e) d'études et de prospectives socio-économiques, chargé(e) d'études et de conseil en communication, chargé(e) d'évaluation des politiques publiques, analyste de l'information éco-démographique.*

- Métiers de la culture et du patrimoine, de la communication *Chargé(e) du développement des publics et de l'action culturelle, attaché(e) territorial de gestion du Patrimoine.*

³ University of Malte, University of the Peloponnese King's College London, European University Institute of Fiesole Florence.

Lancement Janvier 2020	T+1 (janvier- juin 2020)	T+3 (sept 2021- juin 2022)	T+5 (sept 2023- juin 2024)
FORMATION			
Montage de la formation en master			
Création master Mediterranean Studies			
Enseignants-Chercheurs étrangers			
Stages à l'étranger pour les masters européens			
Stages à l'étranger doct. : label Europe 3 mois			
Stages de formation linguistique			
Conventions/EJD et Joint Master degrees			
Summer school masters et doctorants			
RECHERCHE			
Montage de réseau et de projet			
Conventions avec universités étrangères			
Aide à manifestations scientifiques			
Aide à traduction/édition			
Aide mobilité sortante chercheurs			
Recrutements post-doctorants/Marie-Curie			
INNOVATION			
Création plateforme collaborative 1			
Lancement et maintenance Plateforme 1			
Création Plateforme 2			
Lancement et maintenance Plateforme 2			
Conventions partenaires databases/Big data			
Réponse appels innovatie training network			
Soutien à la création numérique			
Production de données et de visualisation			
ACTEURS SOCIO ECO et CULTURELS			
Constitution d'un cercle			
Conventionnement			
Collaboration appel à projets/formation			
VALORISATION culture scientifique			
Publications/Open Archive			
Website, media sociaux & video clips			
Événements nationaux, internationaux			

Expression des besoins de fonctionnement de l'Institut

RECHERCHE			Budget annuel	FORMATION			Budget annuel
RECHERCHE COLLABORATIVE INTERNATIONALE	Incubateur de projets européens/nationaux et de jeunes équipes	montage et développement projets de recherche sur les 3 axes de l'Institut	150 000 €	MASTER	Enseignement	Catalogue d'Unités d'Enseignements Heures complémentaires	50 000,00 €
	Cofinancement des actions de recherche avec les partenaires internationaux - Prospectives	internationalisation developpement de partenariat avec les fournisseurs de données	80 000 €			Soutien à la professionnalisation Stages	30 000,00 €
						Enseignements en ligne (Plateforme - MOOC) Enseignements spécifiques à la formation continue	40 000,00 €
	Cofinancement des mobilités de chercheurs à l'international	Contrats de recherche partagés - Mobilités courte et longue durée	50 000 €		Mobilité étudiante	Bourses Stages de master Semestres à l'étranger joint master degrees	40 000,00 €
MOBILITE	Post-doctorale	Post-doctorants incoming - Soutien Marie-Curie et cofinancements avec partenaires universitaires (échanges postdoctorants in coming/out going) 3 contrats par an	150 000 €	Formation doctorale	Ecoles d'été - Ateliers thématiques d'études pré-doctorales et doctorales	20 000,00 €	
					Formations professionnalisantes Experts intervenants	10 000,00 €	
DIGITAL HUMANITIES	Développement des recherches sur le numérique	Programmes de recherche sur les digital humanities	60 000 €		Mobilité enseignante	Visiting professors	10 000,00 €
	Développement de plateformes	Plateformes de données en sciences sociales Réalisation technique	100 000 €			TOTAL	250 000,00 €
RECHERCHE DEVELOPPEMENT VALORISATION	Cofinancement avec les partenaires socio-économiques et culturels	Recherche et développement Collectivités, Musée, Fondations, Entreprises..	100 000 €				
		TOTAL	690 000 €				