

HCERES

Haut conseil de l'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Département d'évaluation des formations



Rapport d'évaluation

École doctorale 353 Sciences pour l'Ingénieur

Aix Marseille Université
Centrale Marseille

Campagne d'évaluation 2016-2017 (Vague C)

Membres du comité d'experts

Présidente :

Mme Nathalie LABAT, Université de Bordeaux

Experts :

Mme Christelle COMBESCURE, SAFRAN Tech

M. Christophe DUJARDIN, Université Claude Bernard Lyon 1 - UCBL

M. Jean-Marie LION, Université de Rennes 1

Délégué scientifique du HCERES :

M. Christian BORDAS

Évaluation réalisée en 2016-2017
sur la base d'un dossier déposé en octobre 2016
et d'une visite de l'ED en janvier 2017

Présentation de l'école doctorale

L'école doctorale *Sciences pour l'Ingénieur : Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique* (ED SPI, n° 353) est l'une des douze ED fédérées au sein du collège doctoral d'Aix-Marseille Université (AMU), Université créée en 2012 par la fusion des universités de Provence (Aix-Marseille I), de la Méditerranée (Aix-Marseille II) et Paul Cézanne (Aix-Marseille III). Elle est co-accréditée par l'Ecole Centrale de Marseille.

L'ED SPI est une école pluridisciplinaire du domaine des Sciences et Technologies, dont les thématiques principales centrées sur l'analyse et la modélisation de systèmes complexes relèvent de la Mécanique et la Physique des milieux continus et de l'Electronique. L'ED s'appuie historiquement sur cinq unités de recherche (quatre UMR et une UPR) de l'AMU :

- IRPHE (Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre) ;
- IM2NP (Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence) ;
- IUSTI (Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels) ;
- LMA (Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique) ;
- M2P2 (Laboratoire de Mécanique, Modélisation et procédés Propres).

Récemment, quatre équipes de recherche du CEA Cadarache ont obtenu leur rattachement à l'ED SPI ainsi que deux UR de l'IRSTEA (Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) d'Aix-en-Provence (UMR Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages (GEAU) ; UR Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (RECOVER), le Centre de Recherche de l'Ecole de l'Armée de l'Air (CREA) de Salon et enfin deux UR de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) de Cadarache.

Ceci constitue un potentiel d'encadrement de 175 chercheurs et enseignants-chercheurs titulaires de l'habilitation à diriger des recherches (HDR). Cinq spécialités de thèse sont actuellement proposées : « Energétique », « Mécanique et Physique des fluides », « Acoustique », « Mécanique des solides », « Micro et Nanoélectronique ». L'ED SPI compte actuellement plus de 180 doctorants dont presque deux tiers sont issus de masters non marseillais ou de formations équivalentes à l'étranger. Le nombre de thèses soutenues est passé de 42 en moyenne en 2011 et 2012 à plus de 60 en 2013 et 2014.

Synthèse de l'évaluation

Appréciation par critère :

- Fonctionnement et adossement scientifique de l'école

Le directeur de l'ED SPI est assisté par un directeur-adjoint et par un Conseil constitué conformément à l'arrêté du 7 août 2006, et comptant 26 membres : pour une moitié des représentants des établissements, des unités et équipes de recherche dont un représentant des personnels techniques, et pour l'autre moitié, de cinq doctorants et huit membres extérieurs à l'ED et issus des domaines scientifiques, industriel et socio-économique. On peut noter parmi les membres externes, la participation du directeur de l'ED *Mécanique, Energétique, Génie civil, Acoustique* de Lyon. Ce Conseil se réunit de deux à quatre fois par an et les comptes rendus des réunions sont postés sur le site Web de

l'ED. Les missions du Conseil sont clairement définies et portent sur l'organisation, le fonctionnement et le programme d'actions de l'école doctorale. Un Bureau, constitué en janvier 2012 par le nouveau directeur, est composé de cinq représentants des directions des UR qui siègent également au Conseil. Ce Bureau se réunit trois fois par an et assiste la direction de l'ED sur des questions relatives à l'interclassement entre laboratoires. Ce mode de fonctionnement établit un pilotage efficace de l'ED.

Concernant les moyens matériels et humains, le secrétariat de l'ED est hébergé gracieusement dans les locaux de l'école d'ingénieurs Polytech Marseille, composante d'AMU. De ce fait, l'ED *SPI* bénéficie de la logistique du département mécanique énergétique de Polytech Marseille lors de l'organisation des manifestations scientifiques et de la Journée de rentrée de l'ED, de la possibilité de réserver des salles de cours pour les formations disciplinaires, et de salles de réunion pour le fonctionnement de l'ED. L'école s'est par ailleurs dotée d'un secrétariat pérenne qui est assuré à 100 % par un personnel de rang A rattaché à AMU, titularisé fin 2015 après la réussite d'un concours d'ingénieur d'études. Le budget est passé d'environ 21 k€ sur la période 2013-2015 à 17,6 k€ en 2016 suite à la mise en commun de moyens au sein du collège doctoral de l'établissement ; il est utilisé pour les formations doctorales disciplinaires, les manifestations scientifiques et le fonctionnement de l'ED. Une prime de 1500 € environ est accordée pour la direction de l'ED.

Le site Web actuel de l'ED *SPI* est bien structuré mais il n'est plus mis à jour car le déploiement par le collège doctoral d'AMU d'un site Web sur un format identique pour toutes les ED est en cours. La diffusion de l'information est réalisée principalement par courriel et lors de la Journée de rentrée des doctorants.

L'ED *SPI* s'efforce de mettre en œuvre une politique d'attribution des contrats doctoraux « établissement » prenant en compte les priorités scientifiques transmises par les unités et équipes de recherche adossées à l'ED et la qualité des dossiers des candidats. Afin d'éviter des débats stériles, l'ED affecte *a priori*, neuf contrats doctoraux « établissement », (hors contrats doctoraux « Présidence » et thèses cofinancées AMU-CEA, AMU-DGA) entre les cinq laboratoires UMR et UPR, au regard du nombre de HDR et des effectifs en doctorants. Le processus de recrutement des candidats aux contrats doctoraux « établissement » se déroule en trois étapes. Les membres du Bureau de l'ED organisent chaque année, en collaboration avec les directions de laboratoires, l'audition de tous les candidats et proposent un classement en trois catégories (A, B, ou C). Les directions de laboratoires transmettent ensuite leur classement des couples sujet de thèse/candidat en adéquation avec leur politique scientifique. Le Conseil de l'ED procède à l'attribution finale des contrats doctoraux « établissement » et propose des couples sujet de thèse/candidat au collège doctoral pour les contrats doctoraux « Présidence » qui répondent le mieux aux critères donnés.

Concernant le financement des thèses, l'ED a adopté une politique très claire qui consiste à ne pas autoriser d'inscription de doctorants sans financement, avec un seuil minimum requis qui dépend des conditions dans lesquelles va se dérouler la thèse et qui est au minimum égal à 1000 €, y compris pour les doctorants internationaux ; l'ED ne compte pratiquement pas de salariés dans ses effectifs. Les types de financement sont multiples et bien équilibrés avec 29 % de contrats doctoraux « établissement », 5 % du Conseil Régional, 18 % de contrats doctoraux établis par un organisme de recherche, 21 % de contrats CIFRE (convention industrielle de formation par la recherche), 15 % de contrats à durée déterminée sur conventions de recherche et 12 % de financements pour les doctorants étrangers. Assez élevée, la proportion de financements de type CIFRE correspond à celle des ED du domaine thématique *SPI* mais elle est en diminution.

La charte des thèses de l'ED, commune aux douze ED d'AMU, a été validée par le Conseil scientifique de l'établissement en septembre 2012. Elle est complétée par un règlement intérieur qui définit la composition du Conseil et du Bureau de l'ED, les modalités de rattachement à l'ED d'une nouvelle équipe de recherche, les conditions et taux d'encadrement des thèses, les modalités d'attribution des contrats doctoraux, les modalités d'inscription, de soutenance, les exigences de financement, de formation, les dispositions concernant le suivi des doctorants, la médiation et l'aide à la mobilité.

L'ED *SPI* est adossée à des laboratoires reconnus et de grande qualité (quatre UMR, une UPR, CEA Cadarache) qui pour certains sont rattachés à deux ED différentes du site. Cela traduit la forte pluridisciplinarité de l'ED *SPI*. Plusieurs UR ont tissé des liens forts avec le monde industriel ce qui est important pour l'apport de financements CIFRE et favorable à l'insertion professionnelle des docteurs.

L'ouverture à l'international de l'ED *SPI* se traduit par des actions de promotion de la formation doctorale et de structuration des échanges avec plusieurs universités du Canada et par l'affichage de sujets de thèse dans le cadre du programme de financement CONACYT du gouvernement mexicain. L'ED *SPI* est attractive puisque 42 % des doctorants

recrutés sont de nationalité étrangère, et 64 % des doctorants recrutés proviennent de masters non marseillais ou de diplômes étrangers équivalents. On constate la mise en place de deux à six conventions de cotutelle par an depuis cinq ans malgré la complexité de la démarche administrative constatée par la direction de l'ED.

Depuis 2015, l'ED *SPI* a mis en place un dispositif d'accompagnement de ses doctorants dans le développement de collaborations scientifiques à l'international. Un appel à projets est ouvert annuellement pour les doctorants des équipes de recherche rattachées à l'ED *SPI* et après sélection, le Conseil de l'ED attribue une aide financière de 1000 à 2000 € pour compléter l'aide financière accordée par le laboratoire pour la mission du doctorant. Trois projets ont été soutenus en 2015 et une candidature a été présentée en 2016.

A noter que la communication externe sur le plan national a été renforcée par la participation de l'ED *SPI* à la création en janvier 2015 du réseau doctoral national en Sciences pour l'Ingénieur (REDOC-SPI) qui est soutenu par l'Association Française de Mécanique, la Fédération des Industries Mécaniques et par le club EEA (club des enseignants et des chercheurs en Électronique, Électrotechnique et Automatique). Cette initiative contribue sans nul doute à favoriser des candidatures à l'ED *SPI* issues de masters nationaux non marseillais.

- Encadrement et formation des doctorants

L'ED compte en moyenne 180 doctorants sur la période 2013-2016, avec un potentiel d'encadrement de 175 HDR (109 HDR actifs) sur 304 chercheurs et enseignants-chercheurs impliqués. Le niveau d'encadrement moyen est passé de 1,2 à 0,8 entre 2012 et 2016, et les cas particuliers de sur-encadrements (trois ou cinq doctorants pour un même directeur de thèse) sont des exceptions. La diminution du taux d'encadrement moyen est expliquée par l'augmentation de nombre de co-encadrements, elle-même due au développement de l'interdisciplinarité promue par l'établissement et à un grand nombre de partenaires impliqués dans l'encadrement, hors AMU. Globalement, le niveau d'encadrement est donc bien maîtrisé. A noter que le taux maximum a été fixé par le collège doctoral à la valeur maximale de trois encadrements à 100 % ou six encadrements à 50 %.

L'ED *SPI* préconise 100 heures de formations suivies par chaque doctorant. L'offre de formation comporte deux volets :

- Le volet relatif à l'approfondissement scientifique, disciplinaire ou interdisciplinaire. Ce volet est proposé et géré par une commission interne à l'ED qui s'appuie d'une part sur les enseignements des masters et d'autre part qui sollicite les enseignants-chercheurs pour répondre à la demande formulée par les doctorants.
- Le volet piloté par le collège doctoral d'AMU qui a pour objectif de faciliter l'insertion professionnelle. Ces formations dites transversales sont proposées et gérées *via* le compte personnel de chaque doctorant sur l'interface ADUM (Accès Doctorat Unique Mutualisé) depuis 2014-2015.

Les formations transversales sont évaluées par les doctorants et cette offre de formation est perçue comme étant attractive et bien organisée. Concernant l'offre de formation disciplinaire en langues, les doctorants souhaitent son extension. Pour les doctorants exerçant une mission « enseignement », la formation à la pédagogie d'un volume de 40 h est une exigence qui vient s'ajouter aux 100 h de formation, ce qui constitue un volume global ayant probablement un impact sur la durée des thèses.

L'ED *SPI* organise une réunion de rentrée pour ses nouveaux doctorants qui a lieu dans la seconde quinzaine du mois de novembre. Y est invité à présenter ses travaux et son projet postdoctoral, le doctorant de l'école qui a reçu le Prix de thèse d'AMU. Le directeur de l'ED y présente le périmètre, le fonctionnement de l'école et les engagements mutuels doctorant/directeur de thèse les plus importants de la Charte des thèses. Une Journée scientifique de l'ED est également organisée chaque année, généralement au mois de mai avec la participation d'un « bureau » de doctorants de 2^{ème} année depuis 2013. Tous les doctorants de 2^{ème} année y sont invités à présenter sous la forme d'un poster et à travers un oral court de deux minutes dans l'objectif de décerner trois prix. C'est une occasion appréciée de rencontres entre doctorants de laboratoires différents.

Un suivi annuel impliquant fortement les laboratoires d'accueil des doctorants est réalisé. Il est décrit dans le règlement intérieur et comprend deux étapes :

- entretien des doctorants en 2^{ème} année par le laboratoire et envoi d'un court rapport à l'ED ;
- décision prise par la direction de l'ED en cas de difficultés identifiées ; si celles-ci sont d'ordre scientifique, un comité de suivi de la thèse est mis en place avec la participation d'un expert local ou extérieur ; si les

difficultés identifiées sont sérieuses, la direction de l'ED organise des réunions de médiation pour gérer les conflits.

Même si ce suivi paraît efficace, il serait souhaitable que le premier entretien soit réalisé plus tôt, *i.e.* avant la fin de la 1^{ère} année, en proposant au doctorant une présentation écrite et/ou orale sur l'état d'avancement de ses travaux ; les doctorants auditionnés par le comité HCERES ont également fait part de leur souhait de voir cette présentation se dérouler en présence d'un représentant de l'ED.

L'ED *SPI* compte quelques abandons (17 sur la période 2012-2016) dont les raisons sont analysées. Le dispositif de suivi intervenant plus tôt avant la fin de la 1^{ère} année, il pourrait se montrer efficace pour identifier les erreurs d'orientation ou d'éventuelles autres difficultés (relationnelles, intégration, etc.). Concernant les conditions requises pour autoriser la soutenance, les doctorants doivent avoir validé au moins 100 heures de formation dans le cadre de leur convention de formation. L'ED *SPI* recommande également la publication d'au moins un article dans un journal à comité de lecture. Le nombre de thèses soutenues est passé de 42 en moyenne en 2011 et 2012 à plus de 60 en 2013 et 2014, ce qui s'est accompagné d'une réduction de la durée moyenne des thèses (environ 39 mois actuellement). La durée des thèses est donc maîtrisée. La proportion de thèses longues (> 42 mois) est faible.

Le collège doctoral exerce un rôle fédérateur en définissant des règles communes inter-ED (notamment la Charte du doctorant et le taux d'encadrement) et en pilotant l'offre de formations transversales. Il est également moteur sur la réflexion menée sur des thématiques qui correspondent à la préparation de l'insertion professionnelle des docteurs comme les autorités publiques, et organisations internationales, ou encore l'entreprise.

- Suivi et Insertion des docteurs

L'ED *SPI* réalise un suivi performant de ses docteurs. L'enquête annuelle ciblée se traduit par un taux de réponse proche de 100 %. Cela permet d'obtenir une vision précise du devenir des docteurs, d'en faire une analyse et de la présenter au Conseil de l'ED. Il est important que la mise à jour du site Web de l'ED conduise à la publication de ces données. Il est par ailleurs à noter qu'à ce jour, le collège doctoral ne participe pas encore à cette enquête mais qu'il est prévu de développer un observatoire de l'insertion des docteurs dans le projet.

Le taux d'emploi à trois ans sur des emplois stables est très satisfaisant. Plus précisément, en moyenne 82 % des docteurs ayant soutenu en 2010, 2011 et 2012 occupent un poste de titulaire de la fonction publique ou sont en CDI dans le secteur privé.

Compte tenu de ces bons résultats et de leur importance pour les candidats au doctorat et pour les doctorants en cours de thèse, l'ED *SPI* devrait présenter l'analyse de ces données sur son site Web.

Autoévaluation et projet :

Le dossier présenté par l'ED *SPI* ne propose pas de compte-rendu d'auto-évaluation mais le comité HCERES a pu en identifier des éléments par les commentaires/analyses figurant dans le bilan fourni par l'école.

L'ED *SPI* propose un projet dans la continuité du bilan avec des points d'amélioration intéressants comme :

- le renforcement de la communication interne et externe avec la nécessité de mettre à jour le site Web de l'ED (refonte pilotée par le Collège Doctoral) ;
- le développement d'actions incitant les doctorants à renforcer la préparation de leur projet professionnel d'après-thèse ;
- l'organisation de Journées thématiques avec des industriels pour mieux faire connaître le profil « docteur » au tissu industriel local. Comme exposé dans le projet de l'ED, l'organisation de Journées ouvertes aux industriels devrait être une action permettant de pallier le risque identifié par la direction de l'ED qui est une légère diminution des financements de type CIFRE.

Appréciation globale :

Sous l'impulsion d'une direction et d'un secrétariat très impliqués, le fonctionnement général de l'ED *SPI* est efficace et de qualité. Il est en cohérence avec les orientations professionnelles des doctorants. L'ED est adossée à des laboratoires reconnus et s'appuie sur leur lien avec le monde industriel. L'implication des UR dans le pilotage de l'ED *SPI* est active en matière de recrutement, de suivi des thèses et d'insertion professionnelle. L'articulation avec le collège doctoral, déjà forte en matière de formation professionnelle et de pilotage des contrats doctoraux cofinancés, est à encourager.

La politique de la direction de l'ED sur le recrutement, l'encadrement, le suivi des thèses, leur durée et le suivi des docteurs donne de bons résultats. En particulier, ceux relatifs à l'insertion des docteurs sont très bons, devraient être publiés sur le site web de l'ED, et sont en cohérence avec le projet. Notamment, le renforcement des relations avec le tissu industriel local et national est prévu. La participation au réseau doctoral REDOC-SPI au niveau national est à poursuivre car elle contribue certainement à la qualité du recrutement des doctorants et de l'insertion des docteurs. Concernant le suivi des doctorants, le comité HCERES a apprécié sa mise en œuvre en 2^{ème} année dans les laboratoires mais propose qu'une plus grande ouverture soit laissée à l'expression libre du doctorant lors des entretiens et recommande l'organisation de comités de suivi pilotés par l'ED.

Points forts :

- Très bonne insertion des docteurs.
- Support administratif de l'ED efficace dont la disponibilité est appréciée par les doctorants.
- Bonne implication des doctorants dans l'animation scientifique de leur ED.
- Bonne ouverture nationale et internationale.
- Durée des thèses et taux d'encadrement bien maîtrisés.

Points faibles :

- Site Web insuffisamment utilisé, notamment pour la communication interne et la publication des résultats d'insertion des docteurs.
- Suivi des doctorants en thèse effectué au sein du laboratoire d'accueil, ce qui est susceptible de retarder l'identification de difficultés dans la relation doctorant-direction de thèse.

Recommandations pour l'établissement

L'école doctorale *Sciences pour l'Ingénieur* présente un bilan très positif et un projet en cohérence avec l'insertion professionnelle de ses docteurs que le comité HCRES recommande de soutenir.

Les établissements co-accrédités accordent déjà une place privilégiée à la formation doctorale avec le concours des directions des ED et quelques points d'amélioration sont suggérés par le comité. Etant donné la forte proportion de doctorants étrangers recrutés et donc l'attractivité de certaines ED d'AMU, le Collège doctoral pourrait organiser des formations à l'anglais et généraliser le dispositif d'accueil des relations internationales à tous les étudiants étrangers.

Pour ce qui est des formations disciplinaires qui sont très appréciées par les doctorants, il apparaît que les moyens proposés, à savoir 24 h par ED, ne soient pas suffisants en regard des besoins exprimés par les doctorants.

Pour les doctorants en charge d'une mission « enseignement », la formation à la pédagogie (40 h) constitue une exigence qui vient s'ajouter aux 100 h de formation obligatoire, l'ensemble ayant probablement un impact sur la durée des thèses. Il serait donc souhaitable que ces 40 h puissent être intégrées dans les 50 h de formation professionnalisantes.

Les établissements associent pleinement les directions des ED à la politique d'attribution des contrats doctoraux du site pour lesquels les attributions sont finalisées au Conseil du collège doctoral. Le dispositif est néanmoins perfectible en matière de calendrier. En particulier, un calendrier des différents appels à projets de thèse harmonisé pourrait permettre aux ED de préparer plus globalement leurs propositions de recrutement.

A ce jour, le collège doctoral ne fait pas d'enquête sur l'insertion professionnelle des docteurs mais la mise en œuvre d'un dispositif de type « observatoire du devenir » est prévu dans le projet, ce que le comité HCERES encourage vivement.

Tout comme le collège doctoral, l'ED *SPI* d'AMU conduit des actions de valorisation du doctorat et d'ouverture aux échanges scientifiques avec les industriels. Les établissements pourraient développer leur accompagnement de cette dynamique positive par une formalisation du soutien à la formation dans le cadre de partenariats du monde socio-économique local et régional.