



**E4C**

ENERGY4CLIMATE  
INTERDISCIPLINARY CENTER

**Prêt à relever le défi énergétique ?**

# **Rapport d'activité**

**2021-2022**



# **TABLE DES MATIÈRES**

<b>RÉSUMÉ PUBLIC . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>ÉTAT D'AVANCEMENT DU PROJET . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>IMPACTS DU PROJET . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>INDICATEURS . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>EFFECTIFS – NOMBRE ET DIVERSITÉ. . . . .</b>	<b>22</b>
<b>FORMATION – FLUX D'ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, CHERCHEURS. . . . .</b>	<b>23</b>
<b>VALORISATION . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>LISTE DES INDICATEURS SPECIFIQUES . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>LISTE DES JALONS. . . . .</b>	<b>26</b>

## RÉSUMÉ PUBLIC

Le centre interdisciplinaire Energy4Climate (E4C), créé en juin 2019 par l'Institut Polytechnique de Paris et l'École des Ponts ParisTech, vise à répondre aux principaux défis de la transition énergétique en termes de recherche, d'enseignement et d'innovation, en rassemblant les expertises de 26 laboratoires. Soutenu financièrement par le Programme d'Investissement d'Avenir, du mécénat industriel et particulier et des contrats de recherche, l'objectif est de placer E4C au plus haut niveau d'excellence parmi les initiatives mondiales similaires, grâce à une recherche interdisciplinaire. Le but d'E4C est de permettre une analyse systémique des verrous à la transition énergétique et d'apporter l'expertise nécessaire en appui aux politiques publiques. Pour conduire ses recherches, ainsi que former des étudiants et des professionnels, le centre développe des plateformes instrumentales (e.g. smartgrids électriques et thermiques, fermes agrivoltaïques, systèmes de capture et valorisation du CO<sub>2</sub>), une suite de modèles pour la prévision et la prospective énergétique (suite de modèles « E4Cast » et « E4Clim ») ainsi qu'un centre de données (« E4C DataHub »). Des « PhD Tracks » permettent aux étudiants de s'initier à la recherche dès la première année, renforçant la synergie entre formation et recherche. Une « E4C Medialib » propose un espace de partage mutualisé de supports pédagogiques, de tous formats, principalement à destination des enseignants. Un challenge international annuel pour les étudiants de différents établissements, disciplines et cycle de formation (ingénieur, masters) est organisé pour proposer des solutions aux grands défis sociétaux abordés dans E4C. En 2021, une mission de consultance bénévole étudiant a été imaginée en partenariat avec BPI France Le Lab pour accompagner les PME-ETI dans l'élaboration de leur plan climat.

En 2022, E4C c'est :

- ✿ 164 personnels permanents
- ✿ 51 doctorant·es
- ✿ 42 publications depuis 2019
- ✿ 26 post-doctorant·es
- ✿ 8 axes de recherche
- ✿ 4 PhD tracks annuels
- ✿ 2 parcours entrepreneuriat sur l'énergie
- ✿ 1 master sur l'énergie
- ✿ 1 école thématique par an

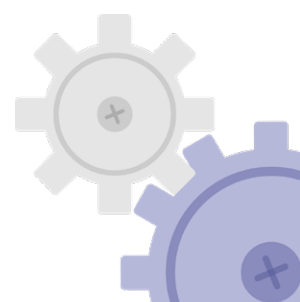
## ÉTAT D'AVANCEMENT DU PROJET

### **Organisation et pilotage du projet. Lancement, organisation et gouvernance du projet, pilotage et dispositifs de suivi, mode d'implication des directeurs d'unités de recherche concernés.**

La gouvernance du centre remplit plusieurs missions. Premièrement, elle soutient les activités de recherche et de formation du centre en favorisant la collaboration interdisciplinaire tout en assurant l'intégrité ainsi que les pertinences scientifique et sociétale de ses activités. La gouvernance veille également à prévenir les conflits d'intérêts et à garantir l'indépendance de la recherche et de l'enseignement du centre. La gouvernance du centre se divise en quatre instances :

- ✿ Comité des tutelles : Il s'agit du comité décisionnaire du centre regroupant le coordinateur du centre, un représentant de chaque tutelle industrielle et institutionnelle. Une fois par an, le comité discute des stratégies et des évolutions importantes du centre : comme les négociations d'intégration d'une nouvelle institution ou de nouveaux mécènes. Pour un fonctionnement plus agile, un bureau des tutelles a été constitué avec la direction du centre, ainsi qu'un représentant de chaque tutelle : IP Paris, le CNRS et École des Ponts.
- ✿ Comité d'experts externes : Ces experts externes sont des références dans les domaines de l'énergie, du climat et de l'environnement. Se réunissant une fois par an, le comité émet des avis et des recommandations sur les orientations scientifiques et les partenaires du centre.
- ✿ Comité des mécènes : Les représentants de chaque mécène se réunissent une fois par an afin de discuter les avancées de travaux et d'émettre, si besoin, des recommandations d'évolution.
- ✿ Comité de direction : Également appelé CODIR, ce comité rassemble les directions du centre, technique, opérationnelle ainsi que la direction scientifique adjointe. Les membres se réunissent mensuellement pour discuter du pilotage et de la stratégie du centre, des décisions du comité des tutelles et des mécènes, ainsi que des questions d'intérêt général appuyées par les experts externes et enfin de l'élaboration et de la réalisation du budget du centre. Deux fois par an, le CODIR accueille les directeurs de laboratoire membres du centre et les présidents des départements d'enseignement et recherche d'IP Paris et l'École des Ponts pour devenir le CODIR+.

Le comité d'experts externes est finalisé et sera sollicité en 2023 pour évaluer le livre blanc E4C et le bilan à 4 ans. Avec





## **L'énergie éolienne**

**est une source d'énergie en fort développement. Loin des côtes, où les vents sont plus forts et plus réguliers, les éoliennes ne peuvent pas être posées sur le plancher océanique et doivent être montées sur des flotteurs. Un défi majeur est la stabilité au mouvement de pilonnement, mouvement vertical de la structure flottante autour de son équilibre de flottaison, afin de permettre aux éoliennes de résister au vent et aux vagues pour fonctionner efficacement et en toute sécurité. Les éoliennes sont posées sur des flotteurs qui amortissent le pilonnement par conception, à l'aide de dissipateurs d'énergie. Mais on ne sait pas encore prédire la dissipation d'une structure particulière. Notre objectif est de faire progresser la connaissance sur la conception de flotteurs stables, en validant notre compréhension des mécanismes physiques en jeu.**

**Rémi CARMIGNANI**

l'arrivée de BNP Paribas et ENGIE comme mécènes, en plus de TotalEnergies et EDF ayant un rôle supplémentaire dans la gouvernance comme partenaires de l'EUR, le fonctionnement du comité des mécènes a été finalisé par le CODIR en 2022 (une réunion plénière par an et une réunion annuelle avec chaque mécène individuellement). Le comité des mécènes sera convoqué pour la première fois également en 2023.

## **Recherche**

Sur l'année 2021-2022, des projets de recherche ont commencé à se structurer ou se sont fortement renforcés suite à la rédaction du livre blanc E4C :

- ✿ Les recherches sur l'éolien offshore au cœur du projet de loi non définitif « d'accélération de la transition énergétique » s'appuient sur des dispositifs expérimentaux financés par E4C sur les sites de Chatou et d'IP Paris pour soutenir la recherche et proposer des expérimentations pédagogiques pour les étudiants du cycle ingénieur et master sur les comportements de systèmes flottants à la houle.
- ✿ Un programme de recherche ambitieux sur l'agrivoltaïsme, offrant l'opportunité de conduire simultanément les transitions énergétiques et agroalimentaires, a vu le jour durant l'année passée visant à déployer une ferme agrivoltaïque sur le campus d'IP Paris en collaboration avec l'INRAe et AgroParisTech, et dans un climat semi-aride sur le campus de l'UM6P au Maroc. Deux thèses visent à étudier le fonctionnement de la ferme agrivoltaïque d'IP Paris et de façon plus prospective les performances de tels systèmes pour l'adaptation au changement climatique.
- ✿ Le volet décarbonation et séquestration du CO<sub>2</sub> s'est considérablement développé avec l'obtention de financements significatifs. En particulier, les travaux portent sur la capture de CO<sub>2</sub> par plasmas froids et sur la capture et valorisation de CO<sub>2</sub> dans l'océan (un démonstrateur va être déployé sur le lac de l'Ecole polytechnique). Plusieurs thèses vont commencer à la rentrée 2022. Sur le volet séquestration, des thèses sont en cours sur l'analyse mécanique de cavités géologiques pour le stockage du CO<sub>2</sub>.

**Les éoliennes flottantes doivent résister aux forces du vent et des vagues pour fonctionner efficacement et en toute sécurité.**

- ✿ Les études sur la gestion des smartgrids se renforcent avec l'exploitation dans des thèses des données de

consommation et production d'énergie des deux smart buildings électriques financés par E4C avec l'aide de partenaires industriels et de l'UE.

- ✱ Dans le cadre du développement de modèles numériques en soutien à la prévision et à la prospective, des avancées très significatives ont été réalisées dans le développement de méthodes de prévision saisonnière pour lesquels les enjeux sont importants pour la planification d'opération de maintenance, pour l'allocation de réserves énergétiques et pour la gestion du réseau.

## **L'agrivoltaïsme au SIRTA, un terrain d'expérimentation pour la gestion dans le nexus eau-énergie-alimentation**

Le centre de données E4C *DataHub* en soutien à la recherche et la formation a été finalisé et rendu accessible depuis juillet 2021 facilitant l'exploitation massive de données appariées climat-énergie-économie pour accélérer la transition énergétique, en lien avec les industriels et les agences publiques. Neuf projets ont été finalisés ou sont en cours de réalisation et visibles sur le site internet d'E4C.

Depuis 2019, le centre E4C a publié 42 articles remerciant explicitement l'EUR (près de la moitié en 2022). Par ailleurs, des chercheur·es/enseignant·es-chercheur·es d'E4C ont contribué à la rédaction du carnet « Énergie » du Groupe Régional d'Expertise sur le Changement Climatique et la transition écologique (GREC) en Île-de-France. Le carnet est en cours de révision et devrait être publié fin 2022-début 2023.

## **XSeaO2 : une approche neutre en carbone pour la production de carburant**

### **Offre de Formation**

L'offre de formation du centre E4C se compose de filières pré-existantes à l'EUR, ainsi que de nouvelles filières : le master IP Paris sur l'énergie, le certificat « *entrepreneurship* » et le track « *energy* » du Master DeepTech et plus récemment le séminaire et certificat de développement durable déployés sur 3 écoles pour plus de 2000 étudiants en 2022. Le centre E4C vise à accompagner toutes ces filières par des outils et des actions pédagogiques.

**Le projet agrivoltaïsme du SIRTA est un élément du Living Lab d'E4C s'intéressant au nexus eau-énergie-alimentation et dont la production électrique (40kWp) alimentera l'observatoire du SIRTA.**

**Les plantes et les modules photovoltaïques (PV) ont besoin de lumière : il faut une synergie, tout en gardant une priorité aux plantes.**

**Le système comprend quatre rangées Nord-Sud de panneaux de disposition orientable : verticale en cas de pluie ou parallèle au soleil pour laisser passer la lumière. Le système sera piloté selon la météo ou la saison pour maximiser l'aspect « agri » ou « voltaïque », pour trouver le bon compromis.**

**Des capteurs sol-plante-météo-PV suivront la production PV et la croissance des plantes.**

**Deux zones témoins, « agri » et « voltaïque », intègrent le démonstrateur.**

**L'installation PV s'achèvera en mars. Le choix et le nombre des cultures sont en discussion.**

**Johan PARRA**





**Le projet Smart Grid Thermique-Electrique (Smart GTE) est un démonstrateur soutenu par le Fonds Ifker pour le Climat qui vise à avoir un impact sur la réduction d'émissions de CO<sub>2</sub>. Le projet Smart GTE exploite un système énergétique bas carbone pour quatre bâtiments résidentiels du Campus de l'École polytechnique avec deux objectifs :**

- 1. réduire l'empreinte carbone de ces bâtiments, à minima -60 % de consommation d'énergie finale et -80% d'émission de CO<sub>2</sub> ;**
- 2. développer des solutions innovantes de gestion d'énergie et déployables sur le démonstrateur en couplant un smart grid thermique et énergétique à l'interphase entre la recherche et l'industrie.**

**Le démonstrateur est en phase de conception et dimensionnement, avec une installation prévue pour 2025.**

En termes d'outils, le centre E4C propose une médiathèque mutualisée de supports pédagogiques à disposition des enseignants appelée Médialib. Développée conjointement entre les EUR E4C et IPSL-CGS, elle consiste en un espace de partage de supports pédagogiques de tous formats et a été rendue accessible à la communauté E4C et IPSL en juillet 2022. Elle vise à :

- ⚙️ centraliser des supports pédagogiques dans un centre d'hébergement unique
- ⚙️ mutualiser des supports entre enseignants pour l'élaboration et la mise à jour de cours
- ⚙️ pérenniser les enseignements par la mise à disposition de fiches descriptives et de supports permettant une prise en main facilitée
- ⚙️ mettre à disposition des étudiants certains supports
- ⚙️ partager publiquement certains des supports

En termes d'actions pédagogiques, un challenge international étudiant E4C a été mis en place en 2019 pour créer une cohésion plus grande entre les étudiants des différentes filières (ingénieurs, masters) et disciplines du centre E4C et offrir un cadre collaboratif plus large à la fois régionalement et internationalement. La 3ème édition (2021-2022) n'a pas eu le succès des années précédentes, avec 6 équipes en compétition,

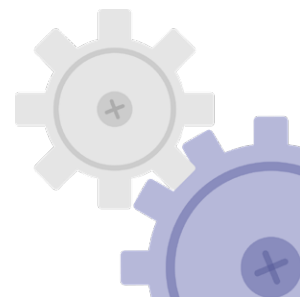


1 seule ayant soumis un projet qui n'a pas été retenu par le jury. Une analyse des causes possibles a conclu d'une part à l'impact négatif croissant du COVID sur la mobilisation des étudiants en dehors des enseignements crédités et d'autre part à l'offre abondante de challenges étudiants. Le format initial du challenge E4C est trop long (6 mois) et peu attractif du point de vue du prix offert (prix non fiduciaire). Une cheffe de projet formation a été recrutée en septembre 2022 sur du mécénat E4C pour organiser et suivre les activités de formation du centre E4C. La première activité sera de redéfinir le format du challenge E4C pour la 4ème édition.

Des missions de consultance bénévole étudiant ont été imaginées en 2021 en partenariat avec Bpifrance Le Lab et seront lancées en novembre 2022 auprès de PME et ETI. En effet, peu alignent leur modèle économique sur la trajectoire de neutralité carbone. Il est donc proposé aux étudiants d'E4C de travailler avec les dirigeants des PME et ETI et d'experts pour conduire la stratégie environnementale et intégrer le sujet climat au cœur de l'entreprise. Cette expérience professionnalisante permettra aux étudiants d'en apprendre davantage sur le monde des PME-ETI, et notamment les réalités opérationnelles lors de la mise en transition des entreprises. Le croisement de différentes disciplines et l'intervention de spécialistes sera l'occasion de stimuler leur réflexion, mais surtout de monter en compétences

**Six laboratoires de l'Institut Polytechnique de Paris s'allient dans le projet interdisciplinaire XSeaO<sub>2</sub> qui vise à la produire du carburant synthétique à partir du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) présent dans l'eau du lac de l'École polytechnique avec des panneaux photovoltaïques (PV) flottants comme source d'énergie. Le démonstrateur captera ce CO<sub>2</sub> pour le combiner avec l'hydrogène issu de l'électrolyse pour produire du carburant qui alimentera un véhicule. Le CO<sub>2</sub> libéré dans l'atmosphère sera ensuite recapté par l'eau qui stocke 125 fois plus de CO<sub>2</sub> que cette dernière.**

**Le projet vise aussi à analyser l'efficacité du dispositif, évaluer le rendement du PV flottant, développer de nouveaux matériaux pour catalyser les réactions chimiques, et étudier l'acceptabilité sociétale et les impacts environnementaux de la technologie dans son ensemble.**  
Cédric TARD





**Le Campus de la Transition est un organisme de formation à la transition écologique et sociale, un laboratoire de recherche-action, et un écolieu où s'expérimentent au quotidien des modes de vie sobres et solidaires. La collaboration entre le Campus de la transition et l'Institut Polytechnique de Paris a commencé en 2021 dans le cadre de la summer school « High tech – low tech ». Ce partenariat avec le Campus de la Transition offre à la summer school un ancrage du côté des expérimentations et des réseaux citoyens en faveur de la transition. L'immersion d'une semaine sur le site de l'association permettra notamment aux participants de s'initier à la démarche interdisciplinaire mise en avant par le Campus de la transition ainsi qu'aux travaux de recherche-action conduits autour des low-tech.**

sur les objectifs d'un monde bas carbone.

## Articulation recherche-formation

L'articulation recherche-formation se construit autour de deux actions :

1. l'organisation d'écoles d'été ouvertes aux étudiants de master et doctorat ;
2. l'encadrement de stages de master dans les laboratoires d'E4C.

Le comité de direction a décidé qu'une école d'été E4C serait organisée chaque année, avec des thèmes variant d'une année à l'autre sur un cycle de 3-4 ans (après les thèmes sont repris), et ceci en plus des contributions des laboratoires E4C à des écoles d'été existantes. En 2021, E4C a organisé du 5 au 9 juillet sa première école d'été intitulée « From Smart Buildings to Smart Cities (SB2SC) ». L'objectif de l'école d'été était de proposer des visions interdisciplinaires et systémiques sur la complexité du développement des bâtiments et des villes intelligentes. L'école d'été a consisté en 30 heures de contenu en ligne, a accueilli 37 étudiants en master et doctorat de 13 nationalités et de 15 institutions dans 5 pays européens (18 étudiants en master et 19 étudiants en doctorat). Pour son école d'été 2022, le centre interdisciplinaire E4C s'est alliée au Campus de la Transition, lieu académique et d'innovation en sciences humaines et sociales situé dans le domaine de Forges en Seine-

**La Médialib est un espace de partage, à disposition de la communauté d'enseignants travaillant sur les thématiques de transition énergétique (EUR E4C), et du climat et de l'environnement (EUR IPSL-CGS). L'idée est de répondre au besoin des scientifiques d'avoir un espace de pérennisation et de partage des supports d'enseignement ou de médiation, des séminaires... pour les mettre à disposition d'autres collègues, comme sources de consultation fiable lors de la création de nouveaux supports. La Médialib est opérationnelle depuis septembre 2022. Elle a suscité un grand intérêt avec 32 utilisateurs inscrits et une cinquantaine de supports déposés : des cours magistraux d'unités d'enseignement ou écoles thématiques, des quizz, des exercices des jeux de réalité ou des TP/TD au format Jupyter NoteBooks... Les premiers échanges entre professeurs ont été recensés.**



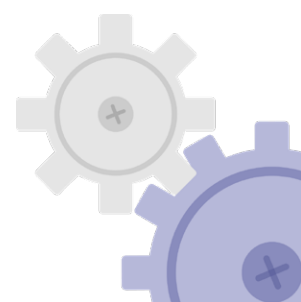
et-Marne. Cette collaboration devait permettre de proposer aux étudiants une réflexion sur la complémentarité de deux types d'innovations : « high-tech », concernant l'ensemble des technologies et techniques les plus avancées et « low-tech », visant à répondre aux besoins des solutions technologiques moins avancées et moins coûteuses, tout en prenant en compte les questions sociales. Le montage du programme avec un comité très interdisciplinaire a pris plus longtemps que prévu et cumulé à des frais d'inscription (le programme EUR ne pouvait pas couvrir l'ensemble des dépenses), le nombre de candidatures n'a pas été suffisant pour ouvrir l'école d'été. Avec l'obtention d'un nouveau mécénat couplé au fond dédié de l'EUR, nous pouvons proposer dorénavant cette école d'été sans frais d'inscriptions. Le programme est par ailleurs déjà prêt et donc l'école d'été 2022 a été reportée à la même période (fin juin-début juillet) en 2023.

Le deuxième axe de travail sur le lien recherche-formation est l'encadrement de stagiaires de master. Le financement des stages repose sur 2 sources de financement, l'EUR et le mécénat d'entreprise et de particulier, l'ensemble permettant de financer une quinzaine de stages de master. Un appel à projets de stage est envoyé à la communauté E4C chaque année en octobre depuis 2019. Jusqu'à ce jour le financement a permis de financer l'intégralité des stages proposés, sachant que des critères doivent être observés : travail rassemblant au moins 2 laboratoires d'E4C pour assurer au maximum la démarche collaborative et interdisciplinaire et bien évidemment l'adéquation entre le sujet et les axes de recherche d'E4C. En 2022, 9 stages ont été financés dont 5 sur l'EUR. Par ailleurs, la mobilité internationale d'étudiants n'a pu être soutenue du fait de la crise sanitaire.

## Évolution des méthodes pédagogiques

L'évolution des méthodes pédagogiques se concentrent autour de 4 actions principales : la médiathèque mutualisée de supports pédagogiques, les projets immersifs s'appuyant sur les plateformes technologiques E4C, la mission de consultance bénévole étudiant et un challenge international étudiant E4C permettant de faire travailler ensemble les étudiants de toutes les filières et disciplines.

Le centre E4C organise chaque année un challenge étudiant mobilisant des équipes de différents établissements pour réfléchir aux grands enjeux de la transition énergétique. L'originalité de cette méthode pédagogique est qu'elle permet de mettre en application l'approche interdisciplinaire et systémique. Ainsi le challenge international étudiant a pour objectif de faire travailler des équipes multi-écoles et multi-disciplinaires composées de



**Tout au long de l'année 2022, 7 nouveaux projets ont été déposés sur le E4C DataHub ! Les projets du DataHub sont d'accéder aux données des bâtiments intelligents et des plateformes du centre E4C. Les projets du DataHub sont un moyen simple de mettre en avant les données produites lors de votre travail de thèse ou de post-doc. Ces projets permettent de valoriser vos réalisations, publications et les données associées ! Ces projets sont aussi souvent interdisciplinaires et permettent de croiser les expertises des physiciens, des mathématiciens mais aussi de spécialistes des sciences humaines et sociales.**

**Le dépôt de projet sur E4C DataHub est un moyen de déposer des jeux de données pré-traités ou de demander l'accès à ces jeux de données ou aux flux de données du centre E4C.**



maximum 7 étudiants. Si les 2 premières éditions ont été un vrai succès avec l'augmentation de la participation d'institutions étrangères, l'édition 2021-2022 n'a pas connu le même succès puisque seules 6 équipes étaient en compétition, et 1 seule a finalisé un projet qui n'a pas été retenu par le jury d'experts. Une cheffe de projet formation recrutée en septembre 2022 pour organiser et suivre les activités de formation du centre E4C (challenge, summer school) sera en charge avec le comité de pilotage de redéfinir le format du challenge E4C pour la 4ème édition.

Un deuxième axe est la constitution d'une médiathèque de supports pédagogiques partagés. La disponibilité des ressources pédagogiques est essentielle pour dynamiser l'échange entre enseignants ainsi que pour imaginer de nouveaux outils d'apprentissage ou compléter ceux qui existent déjà. La médiathèque a été développée de fin 2021 à juin 2022, mise en ligne fin juin 2022.

Un troisième axe est la proposition aux étudiants de missions de consultance bénévole auprès de PME et ETI pour travailler avec les entreprises sur l'élaboration de leur plan climat, tout cela sous la supervision pédagogique des 2 enseignants. Cette action pédagogique est conduite dans le cadre d'un partenariat entre Bpifrance Le Lab et le centre E4C. Cette expérience professionnalisante permettra aux étudiants d'en apprendre davantage sur le monde des PME-ETI, et notamment les réalités opérationnelles auxquelles sont confrontées les dirigeants lors de la mise en transition de leur entreprise. Le croisement de différentes disciplines et l'intervention de spécialistes sera l'occasion de stimuler leur réflexion, mais surtout de monter en compétences sur les objectifs d'un monde bas carbone.

Enfin, les plateformes technologiques (smartgrids, banc de test, E4C DataHub) permettent aux étudiants de créer, développer et tester de nouveaux concepts dans des conditions environnementales réelles dans le cadre de leurs projets d'enseignement, tels que des prototypes d'éoliennes, mini-modules photovoltaïques de nouvelle génération, des projets d'analyse de données, d'évaluation de performance et de développement de nouveaux algorithmes pour la gestion des smartgrids. Ces projets élaborés au sein des cursus E4C rencontrent un grand succès depuis 2019.

## Valorisation

Les principales sources de valorisation actuelle de la recherche sont :

- ⚙ Les publications scientifiques (42 mentionnant l'EUR entre

2019 et 2022 sur Google Scholar + 6 publications de l'initiative TREND-X ayant servi de support à la constitution du centre E4C)

- ✿ La participation à de l'expertise avec en 2020, la contribution de 7 auteurs de labos E4C au premier rapport d'évaluation du MedECC (GIEC Méditerranéen) et en 2021 la contribution de 11 auteurs de labos E4C au carnet « Energie » du GREC (GIEC régional) Ile-de-France
- ✿ Le dépôt de brevets : une déclaration d'invention a été déposée en 2021, un projet de prématuration financé par IP Paris et cinq brevets ont été déposés sur la période 2021-2022
- ✿ La création de startups : 2 startups ont été créées en 2021-2022 en lien avec les activités d'E4C, AMPHITRITE et SOLEIL SUR YVETTE PHOTOVOLTAIQUE.
- ✿ L'organisation de conférences internationales : en 2019, le centre E4C a organisé une conférence internationale sur le changement climatique et la transition énergétique en Méditerranée (orateurs invités). La crise COVID n'a pas permis d'en mettre en place une nouvelle mais la planification de futures conférences a été conduite et une conférence sur le stockage et la structuration en mémoire à Pierre Berest sera organisée en 2023.
- ✿ Le développement d'une recherche de pointe sur les smartbuildings en s'appuyant sur des plateformes technologiques différenciantes développées par le centre E4C
- ✿ L'organisation de séminaires/débats tous les 3 mois (cycle intitulé « Technologies pour la Transition Énergétique »)

Par ailleurs, la qualité des recherches conduites dans E4C a conduit en 2022 à la soumission d'un projet collaboratif HORIZON Europe (intitulé GreenFBMS) avec plusieurs laboratoires E4C portant sur l'intégration des applications énergétiques intelligentes, des ressources énergétiques distribuées et de l'infrastructure IoT en tant que système de gestion des bâtiments verts et équitables. Un projet ERC Consolidator (intitulé PhiBond, coordonné par G. Nocton) a été retenu en 2022 et dont un sous chapitre est relié à l'activation et la transformation de gaz à effet de serre (CO, CO<sub>2</sub> et méthane). Un projet ERC Consolidator (intitulé MATTER, coordonné par R. Flamarly) a également été déposé en machine learning avec des applications sur les données énergies/climat collectées par le centre E4C.

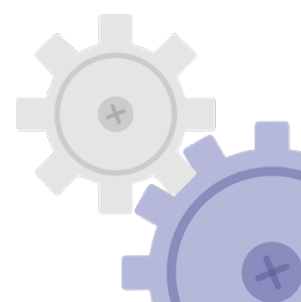
La valorisation des activités de recherche du centre E4C via la formation consiste en :

- ✿ des cycles de conférence pour les élèves ingénieurs et étudiants en master sur 3 des 6 établissements



**Une liaison chimique se définit comme une interaction entre les électrons de deux orbitales. Celles des électrons issus des orbitales  $s$ ,  $p$  et  $d$ , respectivement liaisons  $\sigma$ ,  $\pi$  et  $\delta$ , sont bien connues. En revanche, la liaison  $\varphi$ , celle qui provient des électrons des orbitales  $f$ , n'a jamais véritablement été observée. Le projet ERC  $\varphi$ Bond vise à utiliser des objets chimiques originaux afin de forcer l'apparition de celle-ci entre deux atomes lourds, tels les lanthanides ou l'uranium. Pour cela, des molécules aromatiques carbonées originales seront synthétisées afin de servir de ponts entre les métaux. Ces travaux, bien que très fondamentaux, pourraient cependant trouver des applications dans l'activation de petites molécules tels le méthane, le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone en raison du grand nombre d'électrons stockés dans ces nouvelles liaisons.**

**Greg NOCTON**



**La croissance de la population à l'échelle mondiale induit des demandes parallèles plus importantes en matière d'énergie et de nourriture. Cet impératif conduit à une mise en concurrence portant sur l'usage de la terre entre ces deux productions, déjà sous tension face à une raréfaction de l'espace disponible. Dans une approche intégrée, l'Agrivoltaïsme (Agri PV), est une technologie importante par sa capacité à supporter conjointement des objectifs de développement durable et résilient. Un système Agri PV a l'intérêt de réduire l'évapotranspiration et les besoins en irrigation tout en assurant une conversion électrique. Cette thèse a pour vocation d'accroître les connaissances portant sur le couplage entre les modules photovoltaïques et le sol agricole en proposant des caractérisations de l'éclairement montant, descendant et du microclimat.**

**Arthur POQUET**



- ✿ d'enseignement supérieur et de recherche partenaires
- ✿ une école d'été annuelle E4C permettant de faire le lien fort entre recherche et enseignement
- ✿ des outils pédagogiques en ligne via la Medialib

La valorisation des activités du centre E4C, que ce soit en matière de recherche, de formation ou d'innovation passe également par des outils de dissémination :

- ✿ page web du site E4C (<https://www.e4c.ip-paris.fr/>)
- ✿ réseau [LinkedIn](#)
- ✿ newsletter externe ([disponible sur le site web E4C](#))
- ✿ réalisation d'un documentaire sur les smartcities.

## Rayonnement, actions de promotion de l'EUR

Le rayonnement d'E4C en interne et en externe passe par la mise en œuvre de collaborations internationales. Une collaboration structurante a été mise en place avec l'UM6P au Maroc sur :

- ✿ L'évolution du climat régional marocain et impacts sur les ressources en eau et énergie
- ✿ L'agrivoltaïsme

avec des thèses en co-tutelles. Une collaboration avait été discutée avec KAIST en Corée du Sud lors de la crise sanitaire mais la situation sanitaire difficile n'a pas permis de convertir cette discussion en faits. Le rayonnement d'E4C en interne et en externe passe également par des échanges d'enseignant·es et d'étudiant·es. En 2022, le centre E4C a accueilli Gustau CAMPS-VALLS. La situation sanitaire n'a pas facilité la venue de chercheur·es invité·es. Le rayonnement d'E4C en interne et en externe passe également par des cycles de séminaires qui se sont considérablement développés avec :

- ✿ un cycle de séminaires intra-research actions intitulée « RA'ncontres » (1 fois par mois)
- ✿ un cycle de séminaires/débats intitulées « Technologies pour la Transition Énergétique » (3-4 fois par an)
- ✿ deux cycles de séminaires à destination principalement des étudiants où sont également conviés les chercheur·es/ enseignant·es-chercheur·es (« les Lundis d'ENSTA » et les « Conférences Coriolis » environ 1 fois par mois)

La situation sanitaire a compliqué significativement la feuille de route E4C sur l'organisation de conférences internationales, et depuis 2019, le centre n'a pas organisé de conférences internationales (il est prévu l'organisation d'une conférence



L'objectif de l'agri PV est de proposer une modélisation du couplage entre les modules photovoltaïques et le sol agricole

internationale tous les 2 ans). Néanmoins, la dynamique scientifique E4C s'est considérablement renforcée en 3 ans et un recensement des thèmes scientifiques :

- ✿ *New applications of PV* (dont agri, floating,...)
- ✿ *Offshore wind energies: future challenges*
- ✿ *Carbon capture, utilization and sequestration (CCUS)*
- ✿ *Smart to green cities*
- ✿ *Green AI*

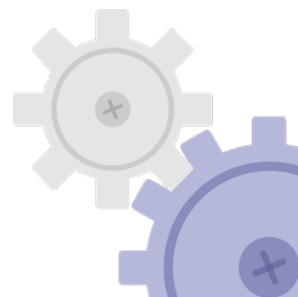
En 2023, une conférence internationale sur stockage et séquestration devrait être organisée à la mémoire de Pierre Bérest du LMS, décédé en 2022 et très actif dans la démarche E4C.

D'autres actions entreprises par l'EUR contribuent très fortement à la valorisation, comme le challenge international étudiant.

## IMPACTS DU PROJET

### **Impacts sur le lien entre recherche et formation**

Le PhD track a été mis en place dans l'EUR E4C pour assurer un pré-recrutement en doctorat dès la sortie de bachelor ou licence ou 1ère année de Master de candidats les plus brillants. Par ailleurs, les étudiants du PhD track E4C doivent conduire un projet dans un des laboratoires d'E4C durant leur une deux



premières années (selon si le recrutement est effectué en fin de bachelor ou en fin de 1<sup>ère</sup> année de Master). Ceci permet un lien fort entre formation et recherche. Dans le cadre de l'EUR, 4 PhD tracks ont été attribués depuis la mise en place en 2020. Octobre 2021 correspond donc à l'inscription en thèse des premiers PhD tracks d'E4C. Sur les 4 étudiant·es du PhD track E4C, deux restent en thèse dans des laboratoires E4C, une étudiante effectue sa thèse au CEA hors laboratoires d'E4C, et une étudiante est en recherche d'un laboratoire E4C d'accueil. La filière PhD track permet donc de faire un lien direct et étroit entre formation et recherche au sein du centre E4C. En plus de ce dispositif, l'accueil de stagiaires est un dispositif classique soutenu par l'EUR pour former également par la recherche dans les laboratoires les étudiants en master et en cycle ingénieur.

## **Impacts sur l'ouverture de l'École Universitaire de Recherche. Impacts en termes de partenariats académiques (recherche et formation) et socio-économiques, éventuelles actions transformantes en matière d'interdisciplinarité.**

Les partenariats académiques identifiés dans le projet EUR avec en particulier les établissements du consortium Eurotech et Alliance et récemment avec l'Ecole Nationale d'Administration de Pologne (KSAP) ont pu se renforcer autour d'E4C avec d'une part la participation de ces établissements au challenge E4C, d'autre part la mobilité (malheureusement avortée du fait de la pandémie) et enfin par la soumission de projets collaboratifs ou la conduite d'initiatives communes. Ainsi, un projet européen d'ITN sur les smartgrids incluant E4C et 3 autres universités du consortium Eurotech (DTU, TUM, TU/e) a été déposé en 2020 (malheureusement le projet n'a pas été retenu). Philippe Drobinski (E4C-IP Paris) et Vedran Peric (TUM-Eurotech) ont organisé une special issue dans la revue Energies intitulée «Systemic Issues to Wind and Solar Energy Deployment» qui est restée ouverte de 2020 à 2022. De plus, une collaboration structurante a été mise en place avec l'UM6P au Maroc sur l'évolution du climat régional marocain et impacts sur les ressources en eau et énergie et sur l'agrivoltaïsme avec le co-développement d'une infrastructure expérimentale et le financement de thèses en co-tutelles. Enfin, une convention avec l'Université de Polynésie Française vient d'être signée pour étudier les performances énergétiques des systèmes photovoltaïques en conditions extérieures dans un climat tropical avec là également le co-développement d'une infrastructure expérimentale de test sur la base de celle mise en œuvre par E4C sur le site d'IP Paris. En 2022, 40 contrats de recherche et mécénats sont en cours avec une augmentation très significative par rapport à 2021 avec 14 contrats et mécénats recensés. Cette augmentation est à la fois attribuable à l'efficacité de la remontée des informations des laboratoires

pour les contrats de recherche gérés dans les laboratoires, mais une dynamique fortement engagée au sein d'E4C entre les laboratoires dans la soumission de projets collaboratifs.

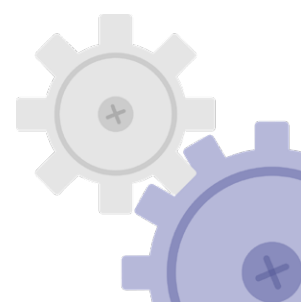
## **Impacts sur le rayonnement de l'École Universitaire de Recherche. Visibilité, attractivité et reconnaissance aux niveaux national et international, sur les plans scientifique et pédagogique ; événements marquants.**

Si la situation sanitaire a compromis toutes les actions de mobilité participant à la visibilité, l'attractivité et la reconnaissance internationale, les événements marquants participant à cette démarche sont :

- ✿ Le challenge international étudiant qui rassemble chaque année une centaine d'étudiants depuis 2019 de filières disciplinaires variées, de cursus d'enseignement variés (ingénieurs, master, master executif) d'une quinzaine d'établissements en France et à l'étranger (Danemark, Allemagne, Suisse, USA, Israël, Pays-Bas, Pologne) pour proposer des solutions aux grands défis de la transition énergétique.
- ✿ Le renforcement de la collaboration avec l'UM6P au Maroc sur l'évolution du climat régional et son impact sur les ressources en eau et ressources énergétiques et sur l'exploration de l'agrivoltaïsme comme une solution durable pour les besoins des transitions énergétiques et agroalimentaires. Sur ce deuxième volet, une ferme agrivoltaïque est codéveloppée au Maroc sur le site de l'UM6P dans un partenariat E4C/UM6P.
- ✿ Le développement d'un partenariat avec l'Université de Polynésie Française sur le fonctionnement des systèmes photovoltaïques en climat tropical en s'appuyant sur le modèle des infrastructures expérimentales déployées par E4C sur le site d'IP Paris.
- ✿ Le financement d'un projet ERC Consolidator en 2022 et le pilotage de deux projets européens soumis par des laboratoires d'E4C (dont un projet ERC Consolidator) en s'appuyant sur les infrastructures de recherche développées par le centre E4C (en particulier smartbuildings)
- ✿ Le pilotage par le directeur d'E4C de l'élaboration du rapport spécial sur le nexus climat-eau-énergie-alimentation-biodiversité du MedECC dont la publication est prévue fin 2023 (travaux en cours depuis fin 2021), dans la continuité de la participation des chercheur·es d'E4C au 1er rapport d'évaluation du MedECC.
- ✿ La constitution en 2022 du comité d'experts externes (dont 50% internationaux) a été finalisée et sa mise en oeuvre devrait encore favoriser la visibilité et le rayonnement du centre E4C.

*Les prévisions sous-saisonnières concernent les prévisions au-delà de deux semaines et jusqu'à deux mois. En raison de la nature chaotique inhérente à l'atmosphère, les modèles de prévision numérique ont du mal à fournir des prévisions fiables au-delà de deux semaines, en particulier aux latitudes moyennes. Avec la part croissante des systèmes renouvelables variables et sensibles aux conditions météorologiques dans le mix énergétique, le secteur de l'énergie est continuellement à la recherche d'informations sur la production d'énergie renouvelable et la production d'électricité attendues au-delà de la moyenne échelle (c'est-à-dire 2 semaines). Dans le cadre de cette thèse, nous avons développé une méthodologie de réduction d'échelle statistique basée sur des modèles/régressions qui s'appuie sur la circulation atmosphérique à grande échelle, mieux prédite que les variables de surface, pour reconstruire les variables de surface pertinentes pour l'énergie en Europe.*

**Naveen GOUTHAM**



## Impacts sur l'évolution des pratiques pédagogiques dans le/les établissements.

La mise en place du centre E4C, ainsi que le développements d'outils mutualisés (E4C Medialib) et d'actions pédagogiques (challenge, consultance bénévole) ont permis la réflexion autour d'un séminaire de rentrée sur le développement durable et de façon encore plus structurante le mise en place d'un certificat pour les filières ingénieurs qui permettent à tout·e élève du cycle ingénieur et master quelque que soit son parcours de spécialisation de se former au problématique du changement climatique, de la transition environnementale en général et de la transition énergétique en particulier. Si la mise en place du séminaire et du certificat prend forme dans 3 écoles d'IP Paris, l'harmonisation doit s'accélérer et l'ouverture de la médiathèque E4C peut y contribuer.

## INDICATEURS

### Production scientifique - Reconnaissance académique

Depuis 2022, le centre E4C, comme centre interdisciplinaire, compte un coordinateur d'un projet ERC financé en 2022 (ERC consolidator dont un sous chapitre de l'ERC adressant l'activation et la transformation de gaz à effet de serre - CO, CO<sub>2</sub> et méthane; Greg Nocton) et d'un projet soumis (en cours d'évaluation), et de responsables d'axes de recherche dans des projets Européens hors ERC. En revanche, des chercheurs·euses, enseignants·es-chercheurs·euses, ingénieur·es ont reçu des distinctions au sein de leur laboratoire. La communauté E4C se structurant, il est encore un peu tôt pour associer l'obtention d'une distinction aux activités du centre E4C. Ce recensement est plus aisé pour le portage de projet dans la mesure où des indicateurs permettent d'objectiver le portage du projet aux activités du centre. À ce jour, le seul prix attribuable à la dynamique du centre E4C est le prix Nord-Sud du conseil de l'Europe décerné au MedECC pour ses travaux sur l'évaluation des changements climatiques et environnementaux dans la région Méditerranée.

### Production scientifique - Reconnaissance académique (Noms des lauréats) - Coordination d'ERC

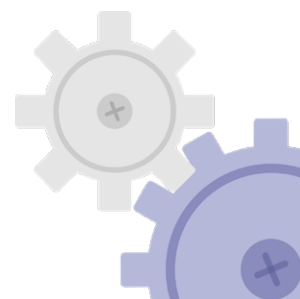
En 2022, un projet ERC Consolidator (intitulé PhiBond, coordonné par G. Nocton) a été retenu en 2022 et dont un sous chapitre est relié à l'activation et la transformation de gaz à effet de serre (CO, CO<sub>2</sub> et méthane) (2ème axe de recherche E4C). Un projet ERC Consolidator (intitulé MATTER, coordonné par R. Flamary) a également été déposé en machine learning avec des applications sur les données énergies/climat collectées par

le centre E4C (5ème axe de recherche E4C).

## **Production scientifique - Reconnaissance académique (Noms des lauréats) - Coordination de projets Européens hors ERC**

---

Le projet GreenFBMS coordonné par SAMOVAR et impliquant le LMD et I3-CRG, 3 laboratoires d'E4C, a été déposé en 2022 en collaboration avec 3 universités européennes à HORIZON Europe et présente une architecture de référence pour l'intégration des applications énergétiques intelligentes, des ressources énergétiques distribuées et de l'infrastructure IoT en tant que système de gestion des bâtiments verts et équitables. Ce projet s'appuie sur le smartbuilding DRAHI-X développé par le centre E4C.



- Alatrasta-Salas, H. et al. (2021) 'Impact of natural disasters on consumer behavior: Case of the 2017 El Niño phenomenon in Peru', PLOS ONE. Edited by J.M. Riascos, 16(1), p. e0244409. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244409>.
- Alonzo, B. et al. (2021) 'Wind farm revenues in Western Europe in present and future climate', SSRN Electronic Journal [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3769189>.
- Bouche, D. et al. (2022) 'Wind power predictions from nowcasts to 4-hour forecasts: a learning approach with variable selection'. arXiv. Available at: <http://arxiv.org/abs/2204.09362> (Accessed: 13 January 2023).
- Brogat-Motte, L. et al. (2022) 'Learning to Predict Graphs with Fused Gromov-Wasserstein Barycenters'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2202.03813>.
- Dridi, A. et al. (2022) 'A Novel Deep Reinforcement Approach for IIoT Microgrid Energy Management Systems', IEEE Transactions on Green Communications and Networking, 6(1), pp. 148–159. Available at: <https://doi.org/10.1109/TGCN.2021.3112043>.
- Dubois, A.M. et al. (2021) 'Estimation of the Uncertainty due to Each Step of Simulating the Photovoltaic Conversion under Real Operating Conditions', International Journal of Photoenergy. Edited by A. Álvarez-Gallegos, 2021, pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/4228658>.
- Duran, S. et al. (2021) 'Electrochemical Active Surface Area Determination of Iridium-Based Mixed Oxides by Mercury Underpotential Deposition', ChemElectroChem, 8(18), pp. 3519–3524. Available at: <https://doi.org/10.1002/celec.202100649>.
- Fatras, K. et al. (2021) 'Wasserstein Adversarial Regularization for learning with label noise', IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1–1. Available at: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3094662>.
- Giteau, M. et al. (2022) 'Hot-carrier multijunction solar cells: sensitivity and resilience to nonidealities', Journal of Photonics for Energy, 12(03). Available at: <https://doi.org/10.1117/1.JPE.12.032208>.
- Goutham, N. et al. (2022) 'How Skillful Are the European Subseasonal Predictions of Wind Speed and Surface Temperature?', Monthly Weather Review, 150(7), pp. 1621–1637. Available at: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-21-0207.1>.
- Le Guenedal, T., Drobinski, P. and Tankov, P. (2021) Cyclone generation Algorithm including a THERmodynamic module for Integrated National damage Assessment (CATHERINA 1.0) compatible with CMIP climate data. preprint. Integrated assessment modeling. Available at: <https://doi.org/10.5194/gmd-2021-384>.
- Nguyen, V.N. et al. (2022) 'Templates for 3D Object Pose Estimation Revisited: Generalization to New Objects and Robustness to Occlusions'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2203.17234>.

Potrzebowska, N. et al. (2021) 'Mixing nanostructured Ni/piezoPVDF composite thin films with e-beam irradiation: A beneficial synergy to piezoelectric response', Materials Today Communications, 28, p. 102528. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102528>.

Potrzebowska, N. et al. (2022) 'Molecular dynamics between amorphous and

crystalline phases of e-beam irradiated piezoelectric PVDF thin films employing solid-state NMR spectroscopy', *Polymer Degradation and Stability*, 195, p. 109786. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2021.109786>.

Tantet, A. and Drobinski, P. (2021) 'A Minimal System Cost Minimization Model for Variable Renewable Energy Integration: Application to France and Comparison to Mean-Variance Analysis', *Energies*, 14(16), p. 5143. Available at: <https://doi.org/10.3390/en14165143>.

Tran, Q.H. et al. (2022) 'Unbalanced CO-Optimal Transport'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2205.14923>.

Vincent-Cuaz, C., Vayer, T., et al. (2021) 'Online Graph Dictionary Learning'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2102.06555>.

Vincent-Cuaz, C., Flamary, R., et al. (2021) 'Semi-relaxed Gromov-Wasserstein divergence with applications on graphs'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2110.02753>.

Vincent-Cuaz, C. et al. (2022) 'Template based Graph Neural Network with Optimal Transport Distances'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2205.15733>.

## Publications avec domaines scientifiques

---

Bernard, A. et al. (2022) 'Prefetching of mobile devices information - a DNS perspective', in *IEEE International Conference on Communications (ICC 2022)*. Seoul, South Korea: IEEE. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03431410>.

Chapel, L. et al. (2021) 'Unbalanced Optimal Transport through Non-negative Penalized Linear Regression'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2106.04145>.

Flamary, R. et al. (2021) 'Pot: Python optimal transport', *Journal of Machine Learning Research*, 22(78), pp. 1–8.

Rakotomamonjy, A. et al. (2022) 'Convergent Working Set Algorithm for Lasso with Non-Convex Sparse Regularizers', in G. Camps-Valls, F.J.R. Ruiz, and I. Valera (eds) *Proceedings of The 25th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*. PMLR (*Proceedings of Machine Learning Research*), pp. 5196–5211. Available at: <https://proceedings.mlr.press/v151/rakotomamonjy22a.html>.

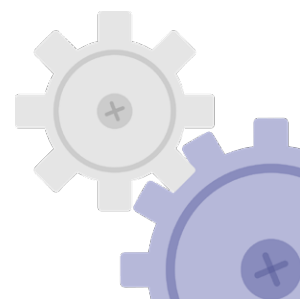
Vincent-Cuaz, C. et al. (2021) 'Online Graph Dictionary Learning'. Available at: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2102.06555>.

## Monographies, ouvrages collectifs ou actes mentionnant le soutien financier du PIA pour le projet - Détail

---

Bernard, A. et al. (2021) 'Embedding ML Algorithms onto LPWAN Sensors for Compressed Communications', in *2021 IEEE 32nd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*. 2021 IEEE 32nd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Helsinki, Finland: IEEE, pp. 1539–1545. Available at: <https://doi.org/10.1109/PIMRC50174.2021.9569714>.

Bernard, A. et al. (2022) 'Prefetching of mobile devices information: a DNS perspective', in *ICC2022: IEEE International Conference on Communications*. Seoul, South Korea: IEEE, pp. 1–7. Available at: <https://hal.science/hal-03431410>.



Canek, R., Borges, P. and Taconet, C. (2022) 'Analysis of the impact of interaction patterns and IoT protocols on energy consumption of IoT consumer applications', in DAIS 2022: 17th International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems. Lucca, Italy: Springer (Lecture Notes in Computer Science), pp. 1–17. Available at: <https://hal.science/hal-03710735>.

Dridi, A. et al. (2021) 'Deep Recurrent Learning versus Q-Learning for Energy Management Systems in Next Generation Network', in 2021 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM). GLOBECOM 2021 - 2021 IEEE Global Communications Conference, Madrid, Spain: IEEE, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/GLOBECOM46510.2021.9685620>.

## EFFECTIFS – NOMBRE ET DIVERSITÉ

- ⚙ ETP personnel statutaire : 50 %
- ⚙ ETP personnel industriel : 30 %
- ⚙ ETP personnel CDD/doc/post-doc : 100 %

	CODIR	RA1	RA2	RA3	RA4	RA5	RA6	RA7	RA8	EDU	DATA	EXP	MOD	COMM	TOTAL
C	2	10	9	1	4	1	19	2	3	3			1		55
EC	5	4	5	16	6	13	5	4	3	4					65
IGR	1	0	2		2	5	3	1			8				22
IND		8				2									10
SOUTIEN											3			9	12
CDD	1									1	1	2		1	6
Doctorant		11	5	5		2	11	5	9						48
Post-doctorant		3		1			2		2						8
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>36</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>12</b>			<b>10</b>	<b>226</b>

# FORMATION – FLUX D'ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, CHERCHEURS

## 1<sup>er</sup> cycle dans E4C (IP Paris/ENPC)

Master	M1 candidats	M1 admis	M2 candidats	M2 admis
Master Energy IPP	1		1	
Master TET			11	10
Master TRAD				
Master WAPE			7	7
Track energy			7	7
Certificat energy	45	45		
MScT STEEM				
MScT SCUP	1	1		
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>46</b>	<b>26</b>	<b>24</b>

## 1<sup>er</sup> cycle hors E4C (IP Paris/ENPC)

Master	M1 candidats	M1 admis	M2 candidats	M2 admis
Master Energy IPP	77	6	51	15
Master TET	1	1	11	8
Master TRAD	4	1	20	7
Master WAPE			54	21
Track energy			13	13
Certificat energy				
MScT STEEM	111	37	52	17
MScT SCUP	32	15	8	2
<b>TOTAL</b>	<b>225</b>	<b>60</b>	<b>209</b>	<b>83</b>

## 1<sup>er</sup> cycle à l'étranger

Master	M1 candidats	M1 admis	M2 candidats	M2 admis
Master Energy IPP	74	6	51	11
Master TET			55	7
Master TRAD	6		76	21
Master WAPE			14	3
Track energy				
Certificat energy				
MScT STEEM	109	37	52	17
MScT SCUP	22	5	6	1
<b>TOTAL</b>	<b>211</b>	<b>48</b>	<b>254</b>	<b>60</b>

## Fraction d'internationaux en % (IP Paris/ENPC)

Master	M1 admis	M2 admis
Master Energy IPP	100 % (12 admis)	73 % (26 admis)
Master TET	0 % (1 admis)	28 % (25 admis)
Master TRAD	0 % (1 admis)	75 % (28 admis)
Master WAPE		15 % (31 admis)
Track energy		10 % (20 admis)
Certificat energy		
MScT STEEM	84 % (74 admis)	100 % (34 admis)
MScT SCUP	33 % (21 admis)	50 % (3 admis)
<b>TOTAL</b>	<b>74 %</b>	<b>53 %</b>

## Statistiques sur les thèses et doctorants financés

---

Nombre de thèses financées entièrement ou au moins pour moitié par le projet, initiées sur l'année de suivi : 8

Nombre de thèses CIFRE ou équivalent initiées l'année de suivi : 2

Nombre de thèses financées entièrement ou au moins pour moitié par le projet, soutenues sur l'année de suivi : 12

Nombre de thèses CIFRE ou équivalent soutenues l'année de suivi : 7

## Doctorat - Financement des thèses (Commentaires)

---

Aucun financement de thèse n'est prévu sur le projet EUR. Toutes les thèses sont financées soit via les écoles doctorales, soit via les ressources propres apportées par le centre E4C (hors EUR) (mécénat, contrats de recherche). Le nombre de thèses E4C (celles couvrant au moins 2 ans depuis la création du centre E4C) est de 51. Dans l'année 2021-2022, 10 thèses ont débuté dont 2 CIFRE et 19 ont été soutenues dont 7 CIFRE. Enfin 5 thèses sont financées ou co-financées par du mécénat industriel levé par E4C.

## VALORISATION

### Valorisation - Détail (donner noms et codes des brevets déposés)

---

Cinq brevets ont été déposés sur la période couverte

1. « Matériau de stockage thermochimique » - Dépôt # FR2109930 - Septembre 2021 - Demandeurs: CNRS, Ecole polytechnique
2. « Porous electrode with a catalytic activity towards CO<sub>2</sub> or CO electrochemical and photo-electrochemical reduction » - Dépôt # EP22156106 - Février 2022 - Demandeurs: Université de Paris, CNRS, Ecole polytechnique, ENSCP, IPVF
3. « Dispositif monolithique autonome de production d'hydrogène » - Dépôt # FR2108357 - Juillet 2021 - Demandeurs: Total Energie, EDF, IPVF, CNRS
4. « Procédé et dispositif de suivi de point de puissance maximale et de surveillance de dégradation d'un module photovoltaïque » - Dépôt # B21102497FR - Décembre 2021 - Demandeurs: EDF, IPVF, CNRS
5. « Cellules solaires multi-jonctions a porteur chaud » - Dépôt # FR2204325 - Mai 2022 - Demandeurs: IPVF, CNRS, Ecole Polytechnique

### Valorisation - Détail (donner liste des noms et raisons sociales des « start-up » créées)

---

Deux startups ont été créées en lien avec les activités du centre E4C. Il s'agit de :

1. AMPHITRITE - Raison sociale : L'exercice d'une activité de conseil, de

conception, de réalisation et de distribution de logiciels et de données électroniques, ayant pour but de caractériser les propriétés physiques, dynamiques et biogéochimiques de l'océan en temps réel et sa prévision à court terme - Date de création : Décembre 2021

2. SOLEIL SUR YVETTE PHOTOVOLTAÏQUE – Raison sociale : Fabrication de capteurs solaires photovoltaïques - Date de création : Mai 2021

## LISTE DES INDICATEURS SPECIFIQUES

La liste des indicateurs spécifiques à l'EUR E4C sont détaillés ci-dessous.

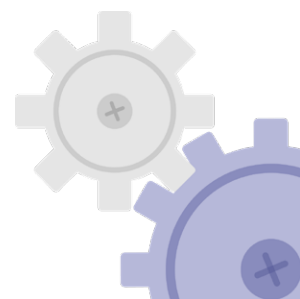
Intitulé des indicateurs	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Nombre d'étudiants dans les formations E4C	116	165	276		
Fraction d'étudiants internationaux dans les formations E4C <sup>1</sup>	47%	52%	61%		
Nombre de stages E4C	4	12	9		
Nombre de doctorants E4C en formation executive <sup>2</sup>	0	0	0		
Nombre de chercheurs et enseignants internationaux invités <sup>3</sup>	0	0	1		
Nombre de séminaires E4C organisés	5	11			
Nombre d'écoles thématiques organisées	0	1	0		
Nombre de projets européens soumis	1	2	2		
Nombre de contrats et chaires industriels <sup>4</sup>	14	14	40		

**1** La fraction d'étudiants internationaux varie très fortement d'une formation à l'autre, entre typiquement de 10% à 100%

**2** L'appel à projet de formation executive sera lancée fin 2022. La mise en place a pris du temps pour identifier le meilleur vecteur de promotion et de diffusion de l'appel à projets. Le premier appel sera lancé par l'Ecole Doctorale d'IP Paris. La structuration de l'Ecole Doctorale de l'Ecole des Ponts étant plus complexe, il a été décidé de ne pas diffuser pour l'instant l'appel aux doctorants de l'Ecole des Ponts en attendant d'identifier un meilleur vecteur.

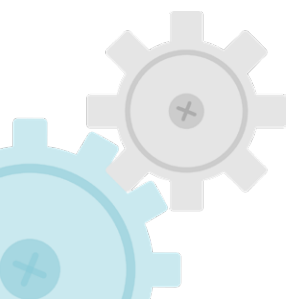
**3** La crise sanitaire a eu pour conséquence l'annulation de tous les projets d'invitations de chercheurs invités retenus à l'appel à projets d'octobre 2019 (en 2020, cet appel a exclu ce volet de l'appel à projets car les conditions d'accueil et de voyages ne pouvaient être assurées).

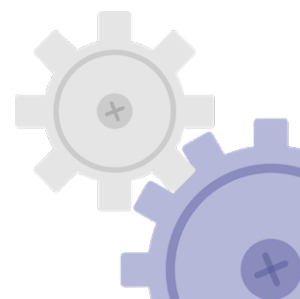
**4** Le nombre de contrats étant conséquent, seuls les projets regroupant plusieurs laboratoires E4C et dont l'ensemble des informations étaient disponibles au moment de la soumission du rapport ont été détaillés dans le document à renseigner en ligne. Par ailleurs dans ce document, le nombre de projets pour l'année N est le nombre de projets actifs à l'année N.



## LISTE DES JALONS

Nom/Nature du jalon	Année 5	Statut à l'année 3
Mise en place d'un site web E4C incluant l'accès à des ressources pédagogiques en ligne	Accomplie	Accomplie, en opération
Mise en place d'une base de données pour la recherche et l'enseignement (E4C DataHub)	Accomplie	Accomplie, en opération
Finalisation des 3 smartgrids d'échelle 1 (bâtiment DRAHI-X, Bachelor Hall, bâtiment SIRTÀ, Tahiti) pour soutenir l'enseignement (projets, stages, summer school envisagée dans l'EUR) et la recherche	En opération	DRAHI-X : Accompli et en opération
Bachelor Hall : Accompli et en opération		
SIRTÀ : En cours de réalisation avec en plus la mise en place d'une ferme agrivoltaïque. Une collaboration avec l'UM6P (Maroc) sur l'agrivoltaïsme est en cours.		
Tahiti : en attente de signature de convention avec l'Université de Polynésie Française pour entamer la réalisation		
Mise en place du track « energy » du master Deep-Tech	Accomplie	Accomplie
Mise en place du E4C « energy » certificate	Accomplie	Accomplie
Organisation d'une summer school annuelle Smart-Buildings to Smart-Cities	4 d'ici l'année 5 (première année blanche)	1ère summer school réalisée en 2021, la 2ème a été préparée en 2022 mais sera mise en place en 2023 sur le thème des solutions high-tech et low-tech pour la transition énergétique.
Organisation d'une conférence internationale E4C tous les 2 ans	2 d'ici l'année 5	Réalisée en 2019, en stand-by en 2021 pour raison de crise sanitaire. Un recensement des conférences possibles à organiser en s'appuyant sur la dynamique en cours a été réalisé.







# E4C

ENERGY4CLIMATE  
INTERDISCIPLINARY CENTER

Le Centre interdisciplinaire Energy4Climate (E4C) lancé en juin 2019 par l'Institut Polytechnique de Paris et l'École des Ponts ParisTech s'implique dans la transition énergétique, par le biais de la recherche, de la formation et de l'innovation.

L'humanité est confrontée à un défi climatique d'une ampleur inégalée et dont l'origine humaine ne fait plus de doute. Maintenir le réchauffement climatique en dessous de la limite de 2 °C implique de développer des solutions adaptées.

Près de 30 laboratoires travaillent au sein d'E4C sur quatre thématiques transversales pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, améliorer l'efficacité énergétique, déployer les énergies renouvelables et proposer des politiques énergétiques pertinentes.

Les activités du centre sont développées par ses chercheurs en lien avec des acteurs du monde socio-économique. Elles associent les sciences sociales et économiques, les sciences des matériaux et l'ingénierie, les mathématiques appliquées, l'informatique ou encore la géophysique. Le centre développe des plateformes instrumentales, des modèles pour la prospective énergétique et la prévision ou encore un centre de données : le E4C DataHub.

Former la future génération d'acteurs de l'énergie est également une priorité pour E4C. Il propose ainsi des Masters et des PhD tracks, un parcours entrepreneuriat pour les étudiants souhaitant créer une start-up ainsi qu'un challenge international étudiant.

**Follow us on social media!**

You have questions? Contact us

[contact.e4c@ip-paris.fr](mailto:contact.e4c@ip-paris.fr)

