NRJ\_SOPHIA

TRANSITION ENERGETIQUE

|  |  |
| --- | --- |
| Année ou version du document | 2021 |
| Titre de l’UE | TRANSITION ENERGETIQUE |
| Identifiant | Ne pas compléter |
| Préfigurateur / Responsable | Arnaud Rigacci (PERSEE) & Gilles Guérassimoff (CMA) |
| Nombre d’ECTS | 15 |
| Semestre | S3 (T2) |

## 

## PROJETS RECHERCHE

## Liste des sujets proposés pour l’édition 2021/2022

1. L’autonomie énergétique de l’Île de la Réunion face aux tensions d’occupation des sols (S. Selosse – CMA)

2. Estimation du gisement EnR et biogaz à partir de système d’information géographique (R. Girard - PERSEE)

3. Apprentissage profond pour la prédiction de la production de l’énergie hydroélectrique au fil de l’eau à partir des variables climatiques (V. Sessa, E. Assoumou, G. Siggini – CMA)

4. Analyse prospective des systèmes énergétiques et tensions sur l’eau (S. Selosse – CMA)

5. Analyse du potentiel solaire photovoltaïque bifacial (P. Blanc, Y-M. Saint-Drenan OIE)

6. Prédiction à court terme de la production photovoltaïque à partir de modèles statistiques spatio-temporels (K. Bellinger, R Girard – PERSEE)

7. Simulation de la production renouvelable et des erreurs de prédiction à court terme de ce type de production (R. Girard - PERSEE)

8. Intégration des comportements dans l’évaluation de la performance énergétique (G. Guerassimoff – S. Selosse, R. Akkouche - CMA)

9. Mobilité, mode de vie et choix technologiques dans les transports en France (E. Assoumou – CMA)

10. Evolution du réseau de distribution d’électricité pour l’accueil des véhicules électriques, du photovoltaïque et de l’auto-consommation (R. Girard – PERSEE)

11. Electrical mobility as an energy vector (F. Sossan – PERSEE)

12. Comportement des bâtiments tertiaires, modélisation ou identification par apprentissage machine des usages énergétiques (G. Guerassimoff, V. Roy, D. Bousnina – CMA)

13. La simulation thermique dynamique au service de l’apprentissage machine pour l’identification de modèles de bâtiments (G. Guerassimoff, E. Assoumou, V. Sessa, V. Roy – CMA)

14. Optimisation de la rénovation thermique de bâtiments et des changements de mode de chauffage à l’échelle de la France pour la stratégie bas carbone (R. Girard – PERSEE)

15. Déploiement de solutions innovantes de stockage pour l'intégration massive d'énergie renouvelable dans les territoires insulaires européens (S. Selosse – CMA)

16. Elecrochemical energy storage system thermal management (A. Michiorri, F.P. Neirac – PERSEE)

17. Strategic storage sizing for energy applications (A. Michiorri, F.P. Neirac – PERSEE)

18. Forever young: evaluating battery degradation in power systems operations (F. Sossan – PERSEE)

19. Impact du changement climatique sur la capacité de transport des lignes aériennes (A. Michiorri – PERSEE / Y-M. Saint-Drenan – OIE)

20. Tuiles réfractaires de protections thermiques pour « CubeSat » (S.A.E. Boyer, A. Burr – CEMEF ; A. Rigacci - PERSEE)

21. Impression 3D de dispositifs pour récupération d'énergie, à base de PVDF transformé (A. Burr, S.A.E. Boyer, K. Inal – CEMEF)

22. Réalisation et test de cellules pour pile à combustible basse température de type PEMFC (C. Beauger – PERSEE)

23. Modélisation de la dégradation d’un système pile à combustible (Pedro Affonso Nobrega - PERSEE)

24. Modélisation numérique des écoulements au sein d’une pile à combustible (Pedro Affonso Nobrega - PERSEE)

25. Optimisation d’un système pile à combustible (couplage batterie & PV, valorisation de la chaleur…) pour l’alimentation d’un moteur électrique (application Energy Boat Challenge Monaco) (C. Beauger, P. Affonso Nobrega – PERSEE)

26. Oxydes haute entropie pour les piles (K. Inal – CEMEF)

27. Synthèse de combustibles liquides par plasmocatalyse à partir de dioxyde de carbone et de méthane (V. Rohani - PERSEE)

28. Optimisation physico-chimique de réacteurs plasmocatalytiques pour des applications Power-to-X basse température (V. Rohani - PERSEE)

29. Etude de la génération contrôlée d’arcs électriques dans les gaz pour des applications Power-to-X haute température (V. Rohani - PERSEE)

30. Quelle place pour le power-to-gas dans la transition énergétique des territoires (S. Selosse – CMA)

31. Beyond time- and spatial-scale separation in power grids: short- and long-term energy storage – Topic 1 (F. Sossan – PERSEE)

32. Beyond time- and spatial-scale separation in power grids: short- and long-term energy storage - Topic 2 (F. Sossan – PERSEE

33. Apprentissage statistique et optimisation pour la simulation de la dynamique des prix sur le marché de l’électricité à échelle européenne (R. Girard – PERSEE)

34. Optimisation sous incertitude: modèles structurés en copulæ pour les problèmes de gestion des énergies renouvelables (W. De Oliveira – CMA)

35. Optimisation de la participation aux marchés de l’électricité d’un ensemble de producteurs et consommateurs (R. Girard – PERSEE)

36. Variabilité climatique et scénarios bas carbone pour les systèmes électriques français et européens (E. Assoumou – CMA / Y-M. Saint-Drenan – OIE)

37. Comprendre et gérer les variabilités liées aux comportements des utilisateurs et des profils de conduite pour différents scénarios de mobilité électrique afin de suivre l'évolution de l'efficacité de la batterie, son impact et sa durée de vie (M. Douziech, P. Perez-Lopez - OIE)

38. Transition énergétique des régions, lutte contre les polluants et amélioration de la qualité de l’air (S. Selosse – CMA)

39. Analyse économique et environnementale des véhicules à hydrogène dans l'optique d'une décarbonation du secteur des transports. (M. Douziech, P. Perez-Lopez - OIE)

40. Analyse prospective et technologique de la place de l’hydrogène dans une transition vers une France bas carbone (E. Assoumou – CMA)

41. Évaluation à long terme du rôle des technologies dans la décarbonation du système énergétique européen (S. Selosse – CMA)

NRJ\_SOPHIA

TRANSITION ENERGETIQUE

|  |  |
| --- | --- |
| Année ou version du document | 2021 |
| Titre de l’UE | TRANSITION ENERGETIQUE |
| Identifiant | Ne pas compléter |
| Préfigurateur / Responsable | Arnaud Rigacci (PERSEE) & Gilles Guérassimoff (CMA) |
| Nombre d’ECTS | 15 |
| Semestre | S3 (T2) |

## PROJETS RECHERCHE

## Descriptif des sujets proposés pour l’édition 2021/2022

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 1 |
| Titre : L’autonomie énergétique de l’Île de la Réunion face aux tensions d’occupation des sols |
| Enseignants impliqués : Sandrine Selosse (CMA) |
| Descriptif : Dans un contexte général de stratégies bas carbone, les territoires insulaires sont par ailleurs exposés à des enjeux d’autonomie énergétique les mettant face à leurs contraintes de dépendance énergétique et de pression démographique. C’est le cas de l’Île de la Réunion, fortement dépendante des énergies fossiles. Ces dernières années, la transition énergétique vers une économie faiblement carbonée est devenue le mot d'ordre de cette région d'outre-mer française, avec l’objectif d'un mix énergétique 100 % renouvelable à l'horizon 2030. L’île bénéficie d’un important potentiel d’énergie renouvelable, insuffisamment exploitée, mais est aussi confronté à un foncier contraint - urbanisation, espaces naturels protégés, surface agricole utile occupée à 50% par la canne à sucre, cette dernière contribuant à l’autonomie énergétique par valorisation de la bagasse. L’objet de cette étude est de confronter les différentes trajectoires d’autonomie énergétique aux synergies et concurrences foncières du territoire. |
| Type de recherche : Ce projet s’insère dans le programme de recherche en modélisation long terme du CMA et s’appuie sur le développement de modèle bottom-up d’optimisation TIMES, reposant sur une représentation fine des systèmes énergétiques territoriaux. Ce travail permettra d’apporter des extensions pertinentes au modèle réunionnais existant. |
| Partenaires : Des échanges pourront être programmés avec des chercheures et doctorants de l’Université de la Réunion (laboratoire CEMOI et PIMENT) |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 3 |
| Prérequis : ES Modélisation prospective et politiques de lutte contre le changement climatique serait un plus mais n’est pas obligatoire. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 2 |
| Titre : Estimation du gisement EnR et biogaz à partir de système d’information géographique |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE) |
| Descriptif : Dans le contexte de la transition énergétique, un problème majeur est l’utilisation du territoire. Les développeurs ont de plus en plus de difficultés à trouver des nouveaux sites et les politiques, de l’échelle locale à l’échelle européenne, ne savent pas toujours bien évaluer le nombre d’éoliennes ou de panneaux photovoltaïques qui pourraient prendre place sur leur territoire. La même question se pose avec le biogaz produit par méthanisation ou pyrogazéification. Cette difficulté est en partie due à l’acceptabilité mitigée des EnR. Dans le même temps le développement du biogaz est un élément clé qui doit permettre de maintenir dans le système énergétique la flexibilité permise par le gaz mais qui est lui aussi consommateur de surface. En outre une partie du gisement biogaz est lié à notre activité agricole, dans certains cas très spécifiques en concurrence avec l’alimentation ou avec les pratiques agricoles. Dans ce projet vous travaillerez sur la modélisation du gisement à partir de systèmes d’information géographique (SIG) sous R ou sous python.  Des travaux ont été mené au centre PERSEE sur ces sujets en collaboration avec différents partenaires (ADEME, RTE, des producteurs renouvelables) et ont donné lieu à plusieurs publications. Il s’agira ici de s’inscrire dans cette lignée en poursuivant différentes pistes de recherche comme : (i) Proposer un gisement couplé biogaz/EnR à l’échelle France et Europe, ou (ii) proposer une méthode de type « angle solide moyen » pour évaluer non plus seulement l’espace au sol disponible mais l’occupation du champ visuel. Ces travaux pourront être effectués en partenariat avec un de nos partenaires sur le sujet. |
| Type de recherche : Recherche exploratoire |
| Partenaires : |
| Nombre d’étudiants souhaité : 2 à 4 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 3 |
| Titre : Apprentissage profond pour la prédiction de la production de l’énergie hydroélectrique au fil de l’eau à partir des variables climatiques |
| Enseignants impliqués : Valentina Sessa, Edi Assoumou et Gildas Siggini (CMA) |
| Descriptif : L’un des grands défis des systèmes énergétiques durables consiste à intégrer la variabilité climatique dans les processus de planification opérationnelle à long terme. Dans ce projet, on se propose d’étudier la production hydroélectrique au fil de l’eau en se basant sur les variables météorologiques de température et des précipitations. Traduire les séries temporelles des données climatiques en séries temporelles de la production hydroélectrique est une opération très délicate, du coup il faut déchiffrer la relation complexe qui relie la disponibilité de l’eau et la génération d’énergie électrique.  Ce travail s’inscrit dans le cadre du projet Européen CLIM2POWER. Il consiste à traduire les données climatiques en systèmes d’énergie et indicateurs de puissance et à sélectionner les meilleures techniques afin de fournir aux opérateurs des systèmes électriques des données précises et des directives opérationnelles pour les centrales électriques. Ainsi, ce travail vise à développer des modèles efficaces de machine learning pour la prévision de la production d’hydroélectricité au fil de l’eau à partir des  variables climatiques. |
| Type de recherche : Modélisation et simulation |
| Partenaires : Partenaires du projet Clim2Power |
| Nombre d’étudiants souhaité : 2 |
| Prérequis : Programmation Python, cours de data mining |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 4 |
| Titre : Analyse prospective des systèmes énergétiques et tensions sur l’eau |
| Enseignante impliquée : Sandrine Selosse (CMA) |
| Descriptif : L'eau et l'énergie sont fortement interconnectées : l'énergie est nécessaire pour maintenir l'approvisionnement en eau alors que l'eau est essentielle pour produire de l'énergie. L'approche environnementale actuelle des questions liées à l’énergie ne se concentre le plus souvent que sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), se traduisant alors par l'utilisation accrue de technologies qui fournissent une solution encore partielle à la pollution de l'air mais peuvent aggraver le stress hydrique car nécessitant de grandes quantités d'eau. De la même manière, l'utilisation accrue de certaines ressources, comme la biomasse, ou le recours à certaines technologies peuvent engendrer des tensions sur l’eau ou en être contraint. Il en est de même pour le recours à certaines technologies. Dans cette étude, il s’agit d’examiner conjointement les usages de l'eau et de l'énergie et de réfléchir à leur implémentation dans le modèle bottom-up d’optimisation dynamique TIAM-FR développé par le CMA. |
| Type de recherche : Ce projet porte sur la modélisation prospective des systèmes énergétiques et des besoins en eau associés. L’objectif général est d’opérer plusieurs extensions innovantes au modèle TIAM-FR et d’établir divers scénarios prospectifs d’analyse de politiques climatiques internationales tenant compte des besoins en eau associés. |
| Partenaires : Des échanges pourront être programmés avec des analystes de l’Agence Internationale de l’Energie et de l’IRENA pour discuter de ces enjeux |
| Nombre d’étudiants souhaité : Entre 1 et 4. |
| Prérequis : ES Modélisation prospective et politiques de lutte contre le changement climatique serait un plus mais n’est pas obligatoire |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 5 |
| Titre : Analyse du potentiel solaire photovoltaïque bifacial |
| Enseignants impliqués  Philippe Blanc , Yves-Marie Saint-Drenan (OIE) |
| Descriptif : depuis quelques années, l’utilisation de modules photovoltaïques bifaciaux (i.e. des modules sensibles sur les deux faces du panneau) est de plus en plus courante. En 2018, ces modules représentaient 10 % des nouvelles installations et des prévisions indiquent qu’ils devraient représenter plus de 40 % des nouvelles installations dans les dizaines d’année à venir. Compte tenu de cette additionnelle sensibilité en face arrière des panneaux, la part du rayonnement réfléchie par le sol environnant devient nettement plus importante que pour un module standard : c’est bien là tout l’intérêt énergétique. L’analyse du potentiel solaire pour de tels modules nécessite donc non seulement une analyse de la ressource solaire classique mais aussi la prise en compte de la réflectance du sol. L’objet de l’étude consistera à utiliser des données issues des satellites MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) de la NASA, permettant de caractériser journalièrement (sur une fenêtre glissante de 16 jours) la réflectance bi-directionnelle spectrale à 500 m de résolution, pour évaluer, en conjonction des données de rayonnement solaire incident au sol (issues de Copernicus Atmospheric Monitoring Service), la quantité de rayonnement solaire réfléchie. Les élèves auront la possibilité de recourir à [Earth Engine](https://earthengine.google.com/) de Google pour analyser ces données issues de MODIS. Une modélisation numérique sera ensuite développée pour évaluer la quantité d’énergie potentiellement produite par des modules bifaciaux, en fonction de leur densité et de leurs orientations avec et sans tracker solaire. Cette modélisation permettra notamment d’évaluer de nouvelles lois de pilotage de ces trackers solaires mais aussi de produire des cartes de potentiels solaires mettant en évidence les gains de tels modules photovoltaïques bifaciaux. |
| Type de recherche : Modélisation, simulation |
| Partenaires : SOLAÏS, Optimum Tracker |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 6 |
| Titre : Prédiction à court terme de la production photovoltaïque à partir de modèles spatio-temporels |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE), Kevin Bellinger (doctorant PERSEE-CNR) |
| Descriptif : La production éolienne et la production photovoltaïque varient. La prédiction de quelques heures à quelques jours à l’avance est essentielle pour l’équilibrage du système électrique. Dans un contexte de transition énergétique, l’amélioration de la prédictibilité des productions éoliennes et photovoltaïques à l’échelle européenne est essentielle. Pour ce faire, nous développons depuis plusieurs années des méthodologies de prédiction à court terme de la production éolienne et photovoltaïque dans le cadre de partenariat directs avec des industriel mais également aujourd’hui dans le cadre du projet européen H2020 Smart4Res. Ces méthodologies reposent sur l’utilisation de techniques puissantes d’apprentissage statistique et notamment de méthodes spatio-temporelles qui permettent d’intégrer une grande quantité de prédicteurs répartis spatialement et temporellement sur le territoire.  Les travaux proposés ici s’inscriront dans ce cadre. L’étudiant travaillera en partenariat avec un doctorant du Centre à l’amélioration des méthodes de prédiction à court terme en relation avec la CNR. |
| Type de recherche : Projet modélisation/simulation |
| Partenaires : CNR, partenaires du projet H2020 Smart4Res |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : aptitude ou appétence pour la modélisation statistique, l’analyse de grandes quantités de données, la programmation. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 7 |
| Titre : Simulation de la production renouvelable et des erreurs de prédiction à court terme de ce type de production |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE) |
| Descriptif : Dans le contexte de la transition énergétique, la compréhension de la variabilité et de la prédictibilité des productions éoliennes et photovoltaïques à l’échelle européenne est essentielle. Aujourd’hui les méthodes utilisées pour aborder ce problème reposent le plus souvent sur l’analyse de données historiques et sont donc limitées par la faible représentativité de l’échantillon temporel, par l’impact des technologies utilisées par le passé et la localisation des centrales. Dans ce projet le but sera d’étudier le foisonnement des productions renouvelables et des erreurs de prédiction à l’échelle européenne afin d’en proposer un modèle ou une description statistique.  Un outil de simulation a été développé au Centre PERSEE, outil qui permet d’utiliser des données de vent et d’irradiation issues de réanalyses météorologiques. Cet outil permet, étant donné une description des technologies et de leur implantation, de simuler la production renouvelable et les erreurs de prédiction à court terme d’une région ou d’un pays. Nous proposons ici un travail en 2 temps : (i) adaptation statistique et physique des modèles utilisés (et apprentissage des paramètres de ces modèles sur des histoires disponibles à différentes échelles et pour différents pays) et (ii) étude statistique de l’impact de la localisation des centrales et des évolutions technologiques sur le foisonnement des erreurs de prédiction à court terme de la production (et sur la production elle-même). L’analyse de ce foisonnement pourra se faire à partir de résumés statistiques bien choisis mais aussi à travers une analyse de l’impact sur le coût et le dimensionnement d’un système électrique fortement renouvelable (le Centre PERSEE propose des outils pour faire cela et il ne s’agira donc pas ici de les (re)développer mais seulement de les utiliser). |
| Type de recherche : Projet modélisation/simulation |
| Partenaires : RTE |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : aptitude ou appétence pour la modélisation des systèmes énergétiques, l’analyse de grandes quantités de données, la programmation. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 8 |
| Titre : Intégration des comportements dans l’évaluation de la performance énergétique |
| Enseignants impliqués : Gilles Guerassimoff, Sandrine Selosse, Rabab Akkouche (CMA) |
| Descriptif : Une meilleure compréhension des déterminants de la consommation dans les différents usages des bâtiments permettrait de rendre ces derniers actifs au niveau de l’adéquation offre demande nécessaire au fonctionnement du réseau. Le renforcement de la règlementation thermique a permis une réduction drastique des consommations de chauffage et de climatisation dans les bâtiments neufs. Cependant, on constate certains effets rebonds et l’usager devient une variable essentielle dans la réduction des autres consommations. Une des solutions est d’impliquer l’utilisateur par l’usage de « nudges » pour une prise de conscience de l’impact énergétique de son comportement. L’objet de ce projet est centré sur l’évaluation des économies d’énergie atteignables par l’emploi de nudges au sein de bâtiments tertiaires et résidentiels. |
| Type de recherche : Modélisation, simulation, traitements statistiques |
| Partenaires : Centre de Mathématiques Appliquées en lien avec des acteurs du bâtiment. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 9 |
| Titre : Mobilité, mode de vie et choix technologiques dans les transports en France |
| Enseignants impliqués : Edi Assoumou (CMA) |
| Descriptif : Responsable de 30% des émissions de gaz à effet de serre (dont 38% pour les émissions de CO2), le secteur des transports est, pour la France, le premier secteur contributeur au réchauffement climatique. En dépit de progrès sur les consommations unitaires des véhicules c’est en particulier le seul secteur dont les émissions de CO2 n’ont pas baissé au cours des 30 dernières années. L’effet des gains d’efficacité visible de 2004 à 2010 a ainsi été compensé par l’augmentation du nombre de véhicules et du trafic global. Le dilemme peut être résumé comme suit : le secteur des transports à travers la mobilité répond à une aspiration sociétale forte mais génère des impacts environnementaux importants.  Ce projet de recherche étudiera les interactions entre réponses technologiques et évolutions des modes de vie pouvant conduire à une baisse de la demande de mobilité. A partir d’une analyse statistique des enquêtes transport et d’un modèle d’optimisation des choix technologiques les étudiants seront amenés à analyser différentes combinaisons des leviers besoin de mobilité et choix de véhicules. L’étude concernera la France métropolitaine et sera restreinte au transport de passagers. |
| Type de recherche : Projet orienté modélisation, simulation |
| Partenaires : Mentionnez si le sujet est fait en partenariat avec un industriel, institutionnel, d’autres labo… |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 10 |
| Titre : Évolution du réseau de distribution d’électricité pour l’accueil des véhicules électriques, du photovoltaïque et de l’auto-consommation |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE) |
| Descriptif : Dans le contexte de la transition énergétique, la charge connectée au réseau de distribution d’électricité connait des évolutions importantes comme celles induites par les véhicules électriques (VE), la production photovoltaïque, l’évolution de l’efficacité énergétique ou la volonté de certains consommateurs de moins utiliser le réseau en fonctionnant en « auto-consommation ». L’impact futur de ces évolutions sur le réseau de distribution opéré par ENEDIS doit être évalué.  L’objectif de ce sujet de recherche est de mettre en place une méthode de dimensionnement qui tienne compte de l’évolution horaire du système puis de l’appliquer à plusieurs types de réseaux de distribution pour déterminer les mutations nécessaires desdits réseaux. Cette méthode de dimensionnement pourra intégrer plusieurs solutions concurrentes ou complémentaires aux problèmes posés par les EnR, le VE et l’auto-consommation. Ces solutions incluront le remplacement de lignes, l’utilisation d’un transformateur régleurs en charge, la gestion de la demande, l’utilisation de stockage, …. L’étudiant utilisera les outils de simulation et d’optimisation développés par le Centre PERSEE à cet effet :   * Outil d’optimisation du réseau de distribution pour la simulation de la gestion (outil développé en python) * Outil MOSAIC de simulation de la charge (production consommation) développé en partenariat direct avec ENEDIS. |
| Type de recherche : Projet modélisation/simulation |
| Partenaires : ENEDIS |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour la modélisation des systèmes énergétiques, l’analyse de données, la modélisation technico-économique, l’optimisation. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 11 |
| Titre : Electrical mobility as an energy vector |
| Enseignants impliqués : Fabrizio Sossan (PERSEE) |
| Descriptif : Transportation systems are a key infrastructure of current societies, energy-intensive, and have a large and deep geographical extension, possibly connecting rich-renewable regions (e.g., country) to large power demand areas (e.g., cities). In the future, transportation systems may transfer not only passengers and goods but also stored energy (with batteries or hydrogen), becoming a new energy vector. Electric vehicles or trains as energy vectors can be used to export/import electricity beyond the electrical transmission/distribution infrastructure capacity, serve peak demand, and avoid curtailment of renewable generation. This project embraces this paradigm. It aims to investigate the potential of electric mobility as an alternative energy vector and propose algorithmic coordination mechanisms for efficient energy exchanges while meeting the mobility demand. |
| Type de recherche : Theoretical development, simulation and (large-scale) optimization |
| Partenaires : Possible collaborations with partners of the ERA-NET Project |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Analysis skills, interest in analytical mathematical developments and models |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 12 |
| Titre : Comportement des bâtiments tertiaires, modélisation ou identification par apprentissage machine des usages énergétiques. |
| Enseignants impliqués : Gilles Guerassimoff, Valérie Roy, Dhekra Bousnina (CMA) |
| Descriptif : L’avènement des technologies dites « smart grid » permet d’envisager l’optimisation des différents flux d’énergies (électricité, chauffage, climatisation) au sein d’un quartier ou d’une ville. Dans l’objectif d’élaborer des algorithmes permettant le contrôle des différentes entités productrices et consommatrices d’énergies, il est nécessaire de construire un modèle de ces différentes entités. En effet, l’optimisation de ces entités fait appel à des phénomènes physiques que l’on peut soit modéliser, soit uniquement identifier à partir de séries temporelles de variables explicatives. D’autres phénomènes sont aussi à intégrer telles que l’effet du comportement ou les marchés de l’énergie.  Le travail s’insère dans le cadre du projet MSE (Meridia Smart Energie) qui vise à l’optimisation d’un Eco-quartier au cœur de Nice. Le projet consiste à compléter et renforcer le modèle en cours de développement à partir de données réelles afin de mettre au point des algorithmes d’optimisation du contrôle des flux énergétiques du quartier. |
| Type de recherche : Modélisation, simulation |
| Partenaires : Centre de Mathématiques Appliquées, IDEX, NCA |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 13 |
| Titre : La Simulation Thermique Dynamique au service de l’apprentissage machine pour l’identification de modèles de bâtiments. |
| Enseignants impliqués : Gilles Guerassimoff, Edi Assoumou, Valentina Sessa, Valérie Roy (CMA) |
| Descriptif : Les consommations énergétiques sues au secteur résidentiel tertiaires représentent plus de 40% de la consommation énergétique française. Évaluer les performances des bâtiments est une nécessité pour pouvoir être en mesure d’alimenter les outils d’aide à la décision pour l’évolution de ce secteur. La diversité des bâtiments ne permet pas une étude systématique de chacun d’entre eux et les données nécessaires ne sont pas souvent disponibles. L’usage d’outils de Simulation Thermique Dynamique permet la génération de nombreuses données de comportement des bâtiments. Les besoins en chauffage et en climatisation notamment serviront à l’élaboration de modèles identifiées à partir de techniques d’apprentissage machine. Ainsi affranchis de l’usage d’outils commerciaux, nous pouvons explorer des plus amples domaines dans l’évolution du parc de bâtiment dans un avenir modifié par les contraintes du changement climatique. Ces modèles alimentent aussi les modèles indispensables à l’élaboration d’algorithmes d’optimisation au sein de la « smart city ». |
| Type de recherche : Modélisation, simulation |
| Partenaires : Centre de Mathématiques Appliquées, IDEX, WIT |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 14 |
| Titre : Optimisation de la rénovation thermique de bâtiments et des changements de mode de chauffage à l’échelle de la France pour la stratégie bas carbone. |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE) |
| Descriptif : La rénovation thermique des bâtiments et l’évolution de nos modes de chauffage sont des éléments essentiels de la stratégie bas carbone française mise en place par le gouvernement pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Pourtant certains aspects de ce plan de rénovation restent très discutés : Quel coût pour la transition ? Doit-on rénover tous les bâtiments avec des exigences maximales ou doit-on appliquer au plus vite les mesures les moins couteuses ? Le déploiement généralisé de pompes à chaleur ne fait-il pas courir le risque d’une augmentation des pointes de consommation électriques dont l’impact pour l’environnement est important ? Quel est l’impact économique et environnemental des différentes options de rénovation ? ...  Dans ce projet, pour répondre à ces questions les étudiants partiront de modélisations i) du parc de bâtiment français et ii) des solutions techniques et économique de rénovation et des modes de chauffage (mises à disposition par le Centre PERSEE et le CSTB). En complément, une revue de la littérature centrée sur l’analyse de cycle de vie (ACV) des solutions de rénovation sera effectuée. Ces analyse et modélisations reposeront sur l’utilisation de différentes bases de données comme : le recensement de l’INSEE, la BD TOPO (base géographique de tous les bâtiments de France) et éventuellement d’autres bases : open DATA DPE, ENEDIS, GRDF (pour caractériser les performances de l’ensemble du parc de bâtiments français), PHEBUS (pour une caractérisation technique plus précise d’un sous-échantillon de bâtiments) et la base OPE (pour la caractérisation des solutions techniques de rénovation). |
| Type de recherche : Projet modélisation énergétique et analyse de données. |
| Partenaires : Projet en partenariat avec le CSTB et possiblement avec la DGEC. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour la transition énergétique, l’analyse de données, la modélisation technico-économique, l’optimisation. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 15 |
| Titre : Déploiement de solutions innovantes de stockage pour l'intégration massive d'énergie renouvelable dans les territoires insulaires européens |
| Enseignants impliqués : Sandrine Selosse (CMA) |
| Descriptif : Dans le cadre de son programme de recherche sur la modélisation à long terme et d'un projet de recherche européen (H2020 - GIFT: Geographical Islands Flexibility), ce projet porte de manière générale sur l’évolution des systèmes énergétiques insulaires dans un contexte de changement climatique et d’enjeux de neutralité carbone d’une part et d’autonomie énergétique d’autre part. L’objectif de ce projet est plus précisément de développer des scénarios intégrant les solutions innovantes de stockage testées dans le cadre de GIFT, au sein de deux modèles TIMES de systèmes énergétiques insulaires européens (Hinnøya, la plus grande île de Norvège et la petite île de Procida en Italie). Il conviendra alors de discuter l’impact de ces solutions sur le déploiement massif d’énergies renouvelables intermittentes. D’autres solutions pourront être implémentées suivant la curiosité des élèves. |
| Type de recherche : Ce projet s’insère dans le programme de recherche en modélisation long terme du CMA et s’appuie sur le développement de modèle bottom-up d’optimisation TIMES, reposant sur une représentation fine des systèmes énergétiques territoriaux. Ce travail permettra d’apporter des développements déterminants à la réflexion portant sur le potentiel d’intégration des énergies renouvelables intermittentes. |
| Partenaires : Projet européen GIFT : Geographical Islands Flexibility |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 4 |
| Prérequis : ES Modélisation prospective et politiques de lutte contre le changement climatique serait un plus mais n’est pas obligatoire |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 16 |
| Titre : Electrochemical energy storage system thermal management |
| Enseignants impliqués : Andrea Michiorri , François-Pascal Neirac (PERSEE) |
| Descriptif : Ce projet repose sur les considérations suivantes. 1) Un système de stockage électrochimique est composé globalement de batteries mais aussi de leur(s) câblage(s), d’un onduleur, un container et un système de refroidissement. 2) La batterie a une durée de vie fortement dépendante de son cyclage et de sa température d’opération. La gestion thermique du système est donc d’importance cruciale pour déterminer la performance et le cout d’opération du stockage électrochimique considéré.  L’objectif de ce projet est de concevoir un outil de contrôle pour un tel système de stockage, prenant en compte :  - la modélisation thermique de l’ensemble  - le vieillissement de la batterie  - la possibilité de modifier la température d’opération et de ventiler le système  - les couts relatifs (énergie, pertes et vieillissement)  Participation à l’écriture d’un article ou d’un brevet ("only for talented and ambitious students”). |
| Type de recherche : Modélisation |
| Partenaires : Ampacimon (Belgique / USA) |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour le data mining et la modélisation numérique. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 17 |
| Titre : Strategic storage sizing for energy applications |
| Enseignants impliqués : Andrea Michiorri, François-Pascal Neirac (PERSEE) |
| Descriptif : Current improvements in electric storage open new opportunities for this technology also for stationary energy applications. The sizing of such equipment is dependent on several correlated aspects such as: 1) the application (eg: peak shaving, market arbitrage, ancillary services provision, or a combination of them) 2) the control strategy implemented in the battery energy management system 3) the relative cost of the storage, of its ancillary system (inverter, cooling), their aging and replacement frequency, the value of energy and of the other services provided by the storage and the evolution in time of these parameters. For example, a small battery will cycle more often with the result of aging faster and increasing cooling cost. On the other side it could be replaced with a cheaper battery after a period of few years.  Objectives: The objective of this work is to develop an integrated approach for the sizing of a storage system for energy and power applications taking into account the aspects mentioned above. This will take the shape of an algorithm, for example in Matlab or python and a short report.  Methodology: After an initial survey, the student will: 1) develop a model of the physical system 2.1) define the control and 2.2) the sizing in terms of optimization problem, 3) define the external variables such as power consumption and injection demanded to the battery and finally 4) optimizing the system. 5) The result will be compared with a simpler approach quantifying the benfit.  Support in paper or patent writing. Only for talented and ambitious students. |
| Type de recherche : Modélisation |
| Partenaires : Ampacimon (Belgique / USA) |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour le data mining et la modélisation numérique. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 18 |
| Titre : Forever young: evaluating battery degradation in power systems operations |
| Enseignants impliqués : Fabrizio Sossan (PERSEE) |
| Descriptif : Battery energy storage systems have a great potential to support the operations of future fully renewable-supplied power grids, from emulating grid inertia and providing fast regulation to self-consumption of locally generated electricity and grid control. However, their electrochemistry ages, and their performance degrades as a function of the use, opening the question of using them while minimally impacting service life. Modeling aging processes is a complex task that often relies on empirical models. This project aims to implement several well-established aging models for lithium-ion batteries from the existing literature and benchmark their performance for a variety of grid applications. |
| Type de recherche : Simulation |
| Partenaires : |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Interest in electrochemistry, analysis and synthesis skills |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 19 |
| Titre : Impact du changement climatique sur la capacité de transport des lignes aériennes |
| Enseignants impliqués : Andrea Michiorri (PERSEE), Yves-Marie Saint-Drenan (OIE) |
| Descriptif : La capacité de transport d’une ligne aérienne (ampacité) dépend de sa capacité à dissiper dans l’environnement la chaleur produite par effet Joule. Elle est fortement dépendante des conditions météorologiques. Classiquement, des valeurs constantes basées sur des valeurs conservatives (issues des prévisions météo) sont utilisées.  L’objectif de ce travail est de développer un atlas de la capacité de transport des lignes aériennes. Celui-ci sera basé sur l’historique météorologique (utilisant des données de réanalyse) mais aussi sur des projections climatiques. La recherche sera dans ce cadre structurée comme suit :  - Définition de la méthodologie de calcul de l’ampacité (basée sur des travaux antérieurs)  - Calcul de l’ampacité sur une ligne type  - Définition d’un atlas au niveau de la France (ou de l’Europe)  - Analyse des résultats et comparaison entre historiques et projections  Participation à l’écriture d’un article ou d’un brevet ("only for talented and ambitious students”). |
| Type de recherche : Modélisation |
| Partenaires : Ampacimon (Belgique / USA) |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour le data mining et la modélisation numérique. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 20 |
| Titre : Tuiles réfractaires de protections thermiques pour « CubeSat » |
| Enseignants impliqués : Séverine A.E. Boyer, Alain Burr (CEMEF), Arnaud Rigacci (PERSEE) |
| Descriptif : L’espace est l’un des milieux les plus hostiles tant pour les êtres vivants que pour nos satellites et vaisseaux du futur. Avec l’avènement des micro-satellites, les « CubeSats », c’est tout un panel de protections « thermiques et mécaniques » adaptées qui doit être repensé. Grâce aux moyens offerts par l’impression 3D, des géométries de complexités variables et croissantes en céramique peuvent être réalisées à très faible coût. Cette approche ouvre la voie à de nouvelles applications des composites céramiques dans une très large gamme d’échelles, i.e. du nano au macroscopique, alliant résistances et légèreté.  Durant ce mini-projet, nous proposons de concevoir, d’imprimer et de caractériser des pièces en céramique afin d’en étudier leurs propriétés micro-morphologiques, structurales, mécaniques, thermiques, voire thermo-mécaniques. Cette étude propose de s’enquérir des tâches expérimentales et numériques suivantes : construction de différents modèles CFAO, préparation de pâtes céramiques, tranchage et impression des objets préalablement conçus, maîtrise des états thermodynamiques de cuisson des objets, observations et caractérisations micro-morphologiques et physiques, thermo-mécaniques et thermiques. |
| Type de recherche : Travail totalement exploratoire, alliant volets expérimentaux et numériques, depuis la préparation des matériaux, de la CFAO jusqu’à des modèles numériques de représentations phénoménologiques. |
| Partenaires : Pas encore de partenaire identifié |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1-2 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 21 |
| Titre : Impression 3D de dispositifs pour récupération d'énergie, à base de PVDF transformé |
| Enseignants impliqués : Alain Burr, Séverine Boyer et Karim Inal (CEMEF) |
| Descriptif : Dans le domaine du *harvesting*, depuis quelques temps, un regain d’intérêt pour le polyfluorure de vinylidène (PVDF) se formalise. Contrairement aux céramiques de synthèse piézoélectriques (BaTiO3, PZT ou autres dérivés), le PVDF est léger, flexible mécaniquement, ce qui en fait un matériau de choix pour plusieurs applications aussi bien dans les domaines de la transition énergétique (micro et nano-générateurs) et que celui de la santé (actionneurs et capteurs, dont certains *in vivo*). De plus, de nouvelles méthodes de fabrication ont émergé autorisant ainsi de belles réussites technologiques (industrie 4.0). Plusieurs voies d’amélioration sont toujours en cours, en particulier des procédés mettant en jeu des couplages avec d’autres grandeurs physiques (champs électrique, champ magnétique, …) que celles usuelles (température, temps, déformation, …) et ceci notamment pour la fabrication d’objets en polymère technique à forte valeur ajoutée. Le PVDF est un polymère qui a la particularité de présenter plusieurs phases cristallines, l’une d’entre-elles, la phase béta, ayant un très fort caractère piézoélectrique  Aussi, la communauté scientifique ainsi que plusieurs industriels (dont Arkema en France) s’intéressent à la maîtrise de l’élaboration du PVDF sous sa forme béta, de surcroît avec un taux de cristallinité le plus élevé possible. Par ailleurs, le brevet de Thales UnderWater a ouvert la voie à un mode d’élaboration très particulier pouvant être adapté à l’impression 3D.  Pour optimiser les performances de ces dispositifs, une ingénierie de l’anisotropie s’installe dans les différentes technologies avancées. Elle permettra d’augmenter le coefficient de couplage mécano-électrique intrinsèque au matériau (qualité cristalline, dopage, etc…) mais aussi d’intégrer bien plus efficacement les propriétés d’emploi en faisant coïncider, dès la conception, la bonne orientation cristalline avec celle de la fonctionnalité visée dans le repère de la pièce.  Travail à réaliser : affiner l'état de l'art, impressions 3D et caractérisations microstructurale/électrique de véhicules de test puis impression 3D d'un démonstrateur de récupération d'énergie. |
| Type de recherche : C’est un travail en relation étroite avec un partenaire industriel qui souhaite promouvoir de nouvelles applications pour ses matériaux à forte valeur ajoutée, ainsi qu'une start-up en cours de lancement s'appuyant sur des imprimantes 3D développées spécifiquement (couplages multi-physiques) pour réaliser des démonstrateurs, et ceci par la transformation desdits matériaux. |
| Partenaires : ARKEMA et Fablab. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1-2 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 22 |
| Titre : Réalisation et test de cellules pour pile à combustible basse température de type PEMFC |
| Enseignants impliqués : Christian Beauger (PERSEE) |
| Descriptif : Les piles à combustible (PAC) sont appelées à jouer un rôle majeur dans la transition énergétique à venir. Ces convertisseurs électrochimiques permettent en effet de produire électricité et chaleur, à partir d’hydrogène, avec de très bons rendements (50% de rendement électrique, 90% en cogénération). La plage de puissance accessible est très large, du mW au MW et les applications sont multiples, de la mobilité électrique à la micro-cogénération pour l’habitat. La commercialisation est lancée depuis plusieurs années dans ces deux secteurs (Toyota Mirai ou Hyundai Nexo pour la mobilité, programme ENE-Farm pour l’habitat par exemple).  Restent encore néanmoins des verrous à lever qui concernent essentiellement la durabilité et le coût des systèmes. Le développement de nouveaux matériaux permettra des avancés significatives, diminution de la quantité de catalyseur dans les électrodes, résistance à la corrosion des supports de catalyseur et des plaques bipolaires, membranes fines, étanches, stables et conductrices à "haute" température et faible humidité relative…  Le projet proposé consistera à réaliser des assemblages membrane-électrodes, cœurs névralgiques des piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC), à partir des matériaux issus du laboratoire, puis à caractériser leur performance sur banc d’essai dans les conditions proches de leur utilisation finale. |
| Type de recherche : Projet orienté expérimentation |
| Partenaires : Pas encore de partenaire identifié |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour le travail expérimental en laboratoire. |

|  |
| --- |
| **Projet  Recherche – TE 23** |
| **Titre :** Modélisation de la dégradation d’un système pile à combustible |
| **Enseignants impliqués :** Pedro Affonso Nobrega (PERSEE) |
| **Descriptif :**  La durée de vie des systèmes pile à combustible reste aujourd’hui un des obstacles à l’adoption de l’hydrogène comme vecteur énergétique pour la mobilité. Les phénomènes de dégradation peuvent être observés dans différents composants du système et vont progressivement diminuer le niveau performance globale. D’un autre côté, l’occurrence de ces phénomènes dépend fortement des conditions de fonctionnement du système (cycles de puissance et démarrage-arrêt, gestion thermique, gestion de l’eau, etc.). Ainsi l’obtention d’un modèle qui permette de tenir compte des phénomènes de dégradation sur la performance du système et, à l’inverse, de prédire l’impact des conditions de fonctionnement sur la dégradation des composants, serait un outil de grande valeur pour le dimensionnement et le contrôle de systèmes pile à combustible. Le but de ce projet est de contribuer au développement d’un tel modèle, au travers l’identification de phénomènes de dégradation susceptibles d’affecter les performances d’un système pile à combustible et l’ajout de modèles représentant certains de ces phénomènes de dégradation à un modèle général de système pile à combustible développé par l’équipe du Centre PERSEE. |
| **Type de recherche :** Modélisation |
| **Partenaires :** Pas encore de partenaire identifié |
| **Nombre d’étudiants souhaité :** 1 à 4 |
| **Prérequis : A**ptitude pour le développement informatique et la modélisation numérique. |

|  |
| --- |
| **Projet  Recherche – TE 24** |
| **Titre :** Modélisation numérique des écoulements au sein d’une pile à combustible |
| **Enseignants impliqués :** Pedro Affonso Nobrega (PERSEE) |
| **Descriptif :**  Les piles à combustible sont des réacteurs électrochimiques qui permettent la production d’électricité à partir de réactions d’oxydoréduction impliquant l’hydrogène et l’oxygène. La performance de pile à combustible est directement liée au niveau d’humidification de la membrane qui fonctionne comme un électrolyte. Pour maintenir le niveau d’humidification nécessaire, les réactants (en général l’hydrogène et l’air) peuvent être humidifiés. En revanche, si ces réactants (en particulier l’air) sont trop humides, l’accumulation d’eau liquide dans la pile peut bloquer l’arrivée des gaz aux électrodes où les réactions ont lieu, provoquant une chute des performances. Ainsi, la gestion des flux d’eau dans la pile à combustible est très importante pour son fonctionnement. Le but de ce projet est de modéliser les échanges d’eau au sein d’une pile à combustible à l’aide de modèles détaillés type « CFD » (*computational fluid dynamics*), dont nous ne disposons pas encore dans notre équipe. Une validation expérimentale du modèle développé peut être envisagée dans un banc d’essais de notre laboratoire. |
| **Type de recherche :** Modélisation (avec validation expérimentale) |
| **Partenaires :** Pas encore de partenaire identifié |
| **Nombre d’étudiants souhaité :** 1 à 4 |
| **Prérequis : A**ptitude pour le développement informatique et la modélisation numérique. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 25 |
| Titre : Optimisation d’un système pile à combustible (couplage batterie & PV, valorisation de la chaleur…) pour l’alimentation d’un moteur électrique (application Energy Boat Challenge Monaco) |
| Enseignants impliqués : Christian Beauger – Pedro Affonso Nobrega (PERSEE) |
| Descriptif Les piles à combustible (PAC) sont appelées à jouer un rôle majeur dans la transition énergétique à venir. Ces convertisseurs électrochimiques permettent en effet de produire électricité et chaleur, à partir d’hydrogène, avec de très bons rendements (50% de rendement électrique, 90% en cogénération). La plage de puissance accessible est très large, du mW au MW et les applications sont multiples, de la mobilité électrique à la micro-cogénération pour l’habitat. La commercialisation est lancée depuis plusieurs années dans ces deux secteurs (Toyota Mirai ou Hyundai Nexo pour la mobilité, programme ENE-Farm pour l’habitat par exemple).  Le projet s’inscrit dans le contexte de l’Energy Boat Challenge de Monaco (<https://mcsebc.org/fr/accueil/>). L’Ecole participera à l’édition 2021 avec une première version de son petit catamaran. Le projet a pour objectif d’améliorer pour les versions suivantes l’alimentation électrique du moteur en travaillant sur toutes les options possibles, couplage du système PAC avec des panneaux PV, des modules à effet Peltier, hybridation directe avec la batterie, refroidissement… Les essais seront menés sur le système au laboratoire puis sur le plan d’eau à Monaco (sous réserve de la présence d’un pilote disposant du permis bateau). Les élèves feront parti de l’équipe engagée pour la compétition organisée début juillet à Monaco. |
| Type de recherche : Projet orienté expérimentation |
| Partenaires : Symbio (JV Michelin Faurécia), principal développeur de systèmes PAC pour la mobilité en France, fournira le système et suivra les avancées du projet dans le cadre de son Académie. La société, en pleine expansion, voit dans cet accompagnement une bonne opportunité de recrutement. (CRC, CEMEF, OIE, autres Centres de l’Ecole à Sophia, participent au projet sur tous les autres aspects.) |
| Nombre d’étudiants souhaité : 2 à 4 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour le travail expérimental en équipe. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 26 |
| Titre : Oxydes haute entropie pour les piles |
| Enseignants impliqués : Karim Inal (CEMEF) |
| Descriptif : Les oxydes à haute entropie sont une nouvelle classe de matériaux découverts en 2015 (Rost et al., Nature Communications [6, 8485 (2015](callto:6,%208485%20(2015))). Lorsqu'un nombre suffisant d'oxydes binaires sont mélangés et chauffés à haute température, il se forme un matériau monophasé cristallisant dans une structure simple, avec une répartition aléatoire des cations dans la structure, matériau qui peut être stabilisé à la température ambiante par une trempe. Certains de ces composés présentent des constantes diélectriques colossales. De plus, la possibilité d'une substitution par des ions alcalins permet d'obtenir des composés présentant de remarquables conductivités ioniques, ce qui présage leur utilisation comme électrolyte solide dans des batteries lithium ou sodium « tout solide ».  Travail à réaliser : affiner l'état de l'art, synthèse et caractérisation microstructurale/électrique d’oxydes haute entropie structure pérovskite et catalyseur Mn (pour électrode passive) et catalyseur Pr (pour électrode active). |
| Type de recherche : C’est un travail en relation étroite avec un partenaire industriel qui élabore, de manière reproductible maintenant, ce nouveau type d’oxydes. Ce partenaire fait partie du conglomérat japonais. |
| Partenaires : IMRA Europe (basé à Sophia) avec qui, des premières mesures préliminaires ont permis de valider le concept. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1-2 |
| Prérequis : Aucun |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 27 |
| Titre : Synthèse de combustibles liquides par plasmocatalyse à partir de dioxyde de carbone et de méthane |
| Enseignants impliqués : Vandad Rohani (PERSEE) |
| Descriptif : Ce sujet de recherche à caractère expérimental concerne l’étude d’une nouvelle voie électrique de transformation chimique du CO2 en combustibles de synthèse liquides dans des conditions ambiantes, basée sur le couplage synergétique entre un plasma hors-équilibre et un complexe multi-catalytique. L’étudiant travaillera sous la supervision d’un doctorant dans le cadre d’études en cours sur le sujet et viendra en appui scientifique et technique aux études menées. Il participera à toutes les étapes nécessaires et apprendra dans ce cadre à utiliser de nombreuses techniques de physique et chimie expérimentales allant de la préparation de nouveaux catalyseurs et l’étude de leur intégration dans un réacteur plasma hors-équilibre, à la caractérisation chimique des produits de synthèse et l’étude de leur distribution. Un travail d’analyse avancée viendra compléter le tout, consistant en la gestion de grandes masses de données expérimentales acquises pour élaborer une formulation analytique physiquement cohérente entre les différentes variables de ce système complexe et proposer des mécanismes physico-chimiques développés. |
| Type de recherche : 100% Expérimental |
| Partenaires : Pas encore de partenaire identifié |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Chimie Physique, Sciences Expérimentales |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 28 |
| Titre : Optimisation physico-chimique de réacteurs plasmocatalytiques pour des applications Power-to-X basse temperature |
| Enseignants impliqués : Vandad Rohani (PERSEE) |
| Descriptif : Ce sujet de recherche mi-expérimental mi-théorique s’intéresse à l’étude des différentes formes de couplage entre plasma non-thermique et catalyse hétérogène dans les réacteurs plasmocatalytiques destinés à la synthèse chimique par voie électrique à partir d’une phase gaz en vue de la mise au point de nouvelles technologies de Power-to-X basse température. Le volet expérimental comportera des expériences de synthèse organique en laboratoire sur différentes configurations de réacteur plasmocatalytique pour : (i) la PCFTS (synthèse Fischer-Tropsch assistée par plasma), (ii) la transformation chimique du dioxyde de carbone en produits organiques supérieurs, et s’attachera tout particulièrement à dresser des bilans énergétiques et chimiques précis dans le but d’alimenter en données l’étude de modélisation théorique qui sera conduite en parallèle.  Le volet théorique consistera à établir la hiérarchie des variables du couplage plasmocatalytique et en comprendre leur influence sur les performances réactionnelles au travers de l’étude des différentes formes de couplage possibles par le biais d’une modélisation physico-chimique analytique, puis numérique (CRFD-FVM). Les modèles réactionnels s’appuieront largement sur l’exploitation des résultats expérimentaux acquis en laboratoire au Centre PERSEE durant les quinze dernières années. |
| Type de recherche : 50% Expérimental / 50% Modélisation |
| Partenaires : Pas encore de partenaire identifié |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Chimie Physique, Génie des Procédés Chimiques |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 29 |
| Titre : Etude de la génération contrôlée d’arcs électriques dans les gaz pour des applications Power-to-X haute température |
| Enseignants impliqués : Vandad Rohani (PERSEE) |
| Descriptif : Les sources de plasma thermique sont les homologues électriques des flammes de combustion et constituent de ce fait des éléments essentiels pour la réalisation de procédés électriques de conversion thermochimique haute température dans le cadre du développement des technologies Power-to-X. La plupart des sources de plasma thermique sont composées en leur cœur d’arcs électriques dynamiques qui se présentent comme des objets physiques à haute densités d’énergie et de force, dont la dynamique complexe est notamment soumise à des effets d’auto-influence. Ces arcs électriques doivent absolument être stabilisés et s’avérer le moins destructeur possible pour le système. De multiples stratégies de contrôle peuvent alors être envisagées allant du contrôle passif au contrôle électromagnétique actif en temps réel.  Ce sujet de recherche théorique s’inscrit dans ce cadre et porte sur l’étude du contrôle et et de la stabilisation d’arcs électriques dans les gaz. L’étude consistera à bâtir un modèle mathématique analytique d’arc électrique s’établissant en phase gaz et évoluant sous l’influence des divers phénomènes physiques en présence dont ceux d’auto-induction. Le modèle adoptera une approche de type CAM (Channel Arc modeling) basée sur la résolution analytique ou éventuellement semi-analytique du système différentiel d’Ellenbaas-Heller généralisé et devra pouvoir rendre compte sous certaines hypothèses de travail (dont la justification proviendra en partie de l’expérimentation), du comportement physique et de la dynamique de cet objet physique complexe. Il devra in fine permettre de dégager des critères de stabilisation sur lesquels reposeront les différentes stratégies de contrôle envisageables et d’amener à élaborer la stratégie la plus efficace possible selon le type d’arc. |
| Type de recherche : 100% Modélisation |
| Partenaires : Pas encore de partenaire identifié |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Physique, Mathématiques (Analyse) |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 30 |
| Titre : Quelle place pour le power-to-gas dans la transition énergétique des territoires |
| Enseignants impliqués : Sandrine Selosse (CMA) |
| Descriptif : Les stratégies bas carbone développées par les territoires, exprimées notamment dans leur SRADDET, s’appuient fortement sur des objectifs de croissance des énergies renouvelables. Dans ce contexte, le développement du Power-to-Gas (P2G) apparait comme une des solutions permettant de répondre aux problématiques de stockage de l’électricité d’origine renouvelable. De nombreux projets démonstrateurs/pilotes ont vu le jour en Europe depuis quelques années et un déploiement opérationnel est prévu en France à l’horizon 2030. Cette technologie pourrait ainsi permettre de répondre aux enjeux de transition énergétique des régions. L’objet de ce projet est de discuter le potentiel de développement de cette option et son impact sur l’atteinte des objectifs de décarbonation de la région SUD Paca, à l’aide du modèle d’optimisation long terme du système énergétique de la région, TIMES-SUDPACA qui est développé au CMA. Des scénarios exploratoires pourront être développés pour appuyer l’analyse. |
| Type de recherche : Ce projet s’insère dans le programme de recherche en modélisation long terme du CMA et s’appuie sur le développement de modèle bottom-up d’optimisation TIMES, reposant sur une représentation fine des systèmes énergétiques territoriaux. Ce travail permettra d’apporter des extensions pertinentes au modèle TIMES SUDPACA existant. |
| Partenaires : Des échanges pourront être organisés avec GRTgaz et des acteurs du territoire pour discuter de ces enjeux et des perspectives de développement de cette solution |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 ou 2 |
| Prérequis : ES Modélisation prospective et politiques de lutte contre le changement climatique serait un plus mais n’est pas obligatoire. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 31 |
| Titre : Beyond time- and spatial-scale separation in power grids: short- and long-term energy storage |
| Enseignants impliqués : Fabrizio Sossan (PERSEE) |
| Descriptif : Battery energy storage systems have a great potential to support the operations of future fully renewable-supplied power grids, from emulating grid inertia and providing fast regulation to self-consumption of locally generated electricity and grid control. However, their electrochemistry ages, and their performance degrades as a function of the use, opening the question of using them while minimally impacting service life. Modeling aging processes is a complex task that often relies on empirical models. This project aims to implement several well-established aging models for lithium-ion batteries from the existing literature and benchmark their performance for a variety of grid applications. |
| Type de recherche : Simulation |
| Partenaires : |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Interest in electrochemistry, analysis and synthesis skills |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 32 |
| Titre : Beyond time- and spatial-scale separation in power grids: short- and long-term energy storage |
| Enseignants impliqués : Fabrizio Sossan (PERSEE) |
| Descriptif : Battery energy storage systems (BESSs) are promising assets that can provide a wide variety of services to both distribution grid operators (DSOs, such as congestions management, self-consumption of locally generated electricity) and the transmission grid operator (TSO inertia emulation primary frequency control, power reserves), and at different time scales. Most of the existing literature has tackled the problem of planning BESSs (i.e., determining their power rating, energy capacity, and location) from the point of view of DSO and TSO individually, without emphasis on how combined and collective planning could benefit both of them. This project explores methods to address BESS planning at multiple spatial scales to support DSOs and TSO and multiple time scales to comprehensively handle more services (from short- to long-term). |
| Type de recherche : Simulation and optimization |
| Partenaires : |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : Interest in analytical mathematical developments and models |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 33 |
| Titre : Apprentissage statistique et optimisation pour la modélisation de la dynamique des prix sur le marché de l’électricité à échelle européenne. |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE) |
| Descriptif : Dans le contexte actuel de transition énergétique vers des moyens de production d’électricité renouvelable et du fait de la libéralisation du marché de l’électricité européen, il est nécessaire pour analyser les revenus futurs des producteurs de modéliser les prix sur les marchés au comptant (spot) de l’électricité et la manière dont ces derniers peuvent réagir à des changements du mix énergétique ou des règles de marché.  L’objectif scientifique de ce projet s’inscrit dans la lignée de travaux menés au Centre PERSEE sur la modélisation du système électrique et du marché de l’électricité. Il s’agit de faire « converger » une approche physique basée sur le fonctionnement du réseau électrique et une approche statistique permettant de tirer parti des données observées sur les marchés et sur le système électrique. Tout cela afin de proposer in fine un modèle de simulation innovant des prix du marché de l’électricité (une étude bibliographique a révélé que les modèles actuels n’exploitent pas pleinement la complémentarité des données physiques et financières). La démarche suivie sera donc d’utiliser les données disponibles sur les marchés européens (prix/courbes d’offre de prix), d’étudier des cas industriels en collaboration avec nos partenaires, de proposer un modèle des systèmes correspondants avec des paramètres libres et enfin, une méthode pour estimer ces paramètres. Le résultat obtenu permettra par exemple une analyse de risques sur les revenus des producteurs renouvelables bénéficiant du complément de revenu. Des travaux de cet ordre ont été menés à l’échelle de la France et sont concluants. Le travail consistera ici à conduire la modélisation à l’échelle de quelques autres pays européens interconnectés (e.g. Allemagne, France, Espagne, …). |
| Type de recherche : Projet modélisation du système électrique et du marché. Analyse de données. |
| Partenaires : Projet en partenariat avec le EPEX et possiblement avec ENGIE. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour l’optimisation, la modélisation, l’analyse de grandes quantités de données, la programmation. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 34 |
| Titre : Optimisation sous incertitude : modèles structurés en copulæ pour les problèmes de gestion des énergies renouvelables |
| Enseignants impliqués : Welington de Oliveira (CMA) |
| Descriptif : Le problème de gestion de l'énergie consiste à utiliser efficacement des ressources pour répondre aux besoins énergétiques. Il consiste à planifier et gérer de façon optimale des unités de production et de consommation d'énergie. Avec la croissance de l’usage de sources d'énergie renouvelable intermittentes, le besoin de gérer l'incertitude est devenu primordial dans de tels problèmes d'optimisation pour assurer rentabilité et fiabilité du système. Dans ce contexte, une des façons de gérer l'incertitude est l’usage de la programmation stochastique sous contrainte en probabilité : on cherche une planification qui permet de satisfaire les contraintes aléatoires du système avec une probabilité d'au moins p (par exemple, p = 95%). En général, la contrainte en probabilité est une fonction non convexe, non différentiable et difficile à évaluer. Pour cette raison, nous allons approximer cette fonction par des fonctions plus simples dénommées copulæ. Une copula est une distribution de probabilité multivariée pour laquelle la distribution de probabilité marginale de chaque variable est uniforme. |
| Type de recherche : Il s’agit d’un projet de modélisation mathématique et d’expérimentation numérique. |
| Partenaires : Le sujet a bien sûr un attrait industriel, mais pour l’instant on n’a pas un partenaire. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Cours d’optimisation non linaire et statistiques. Connaissance de programmation en MATLAB ou Python. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 35 |
| Titre : Optimisation de la participation aux marchés de l’électricité d’un ensemble de producteurs et consommateurs. |
| Enseignants impliqués : Robin Girard (PERSEE) |
| Descriptif : Dans un contexte où la part de renouvelable dans le mix électrique européen augmente et les usages des consommateurs se diversifient (comme avec l’arrivée des véhicules électriques par exemple), la participation aux services système pour maintenir l’équilibre prend une place plus importante. Dans le même temps, la volonté de la Commission Européenne (e.g. 2015/1222, CACM) de fluidifier les marchés pousse les différents acteurs de l’énergie à mettre en place des marchés pour toutes les échéances décisionnelles, par exemple aFRR, FCR, réserve tertiaire en plus de celles qui existent déjà (day ahead, intra-day). Elle pousse également à une meilleure coordination des marchés entre différents pays. C’est dans ce contexte que les TSO (i.e. gestionnaires des réseaux de transport) des différents pays se réunissent dans le projet PICASSO pour définir les règles de fonctionnement de ces différents marchés.  L’entreprise GreenFlex s'inscrit dans ce cadre et souhaite lancer un outil de service au système électrique. Cette activité peut représenter une nouvelle source de revenus et GreenFlex souhaite étudier la possibilité d’y participer. L’objectif de ces travaux sera de contribuer au développement et à la validation d’un ensemble d’algorithmes permettant la prise de décisions d’un agrégateur dans la phase d’offre sur les marchés de l’électricité et dans la phase d'exécution sur le système électrique. Cet outil de décision devra être capable d’intégrer dans son portefeuille un grand nombre de sources de flexibilité variées, grandes et petites, incluant les productions conventionnelles, les productions renouvelables, des gros consommateurs industriels, des charges diffuses comme le véhicule électrique (VE) ou ben encore des consommateurs résidentiels. Il devra aussi permettre d’arbitrer une participation possible sur plusieurs marchés (infra-journalier, réserve primaire, secondaires, tertiaire) et couvrir une gamme de décisions allant du temps réel aux décisions prises un jour à l’avance. |
| Type de recherche : Projet modélisation, optimisation. |
| Partenaires : |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 2 |
| Prérequis : Aptitude ou appétence pour la modélisation des systèmes énergétiques, l’analyse de données, la modélisation technico-économique, l’optimisation. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 36 |
| Titre : Variabilité climatique et scénarios bas carbone pour les systèmes électriques français et européens |
| Enseignants impliqués : Edi Assoumou (CMA), Yves-Marie Saint-Drenan (OIE) |
| Descriptif : Le développement des énergies est au cœur des stratégies françaises et européennes de décarbonation du système électrique. Les ordres de grandeurs des ambitions affichées sont considérables. Il s’agit en effet d’atteindre en 30 ans une baisse de 80 à 100% des émissions de CO2 liées à la production d’électricité. Cette intégration massive d’énergies renouvelables pose plusieurs défis parmi lesquels, la gestion de l’intermittence, la diversité des vitesses de décarbonation et des choix technologiques des pays, l’interdépendance dans un réseau interconnecté.  Dans le cadre du projet Européen CLIM2POWER deux centres de recherche de l’école, le CMA et OIE, ont associé leur expertise pour modéliser l’impact des variables climatiques sur les systèmes électriques. Le sujet proposé pour ce semestre recherche permettra à une équipe de 2 à 3 étudiants de s’intéresser à l’analyse des données climatiques pour l’identification de situations critiques en terme de productible renouvelable, l’étude des corrélations spatiales à l’échelle européenne, et l’analyse des implications pour le fonctionnement d’ensemble du système. |
| Type de recherche : Recherche orienté modélisation et simulation |
| Partenaires : Le travail s’appuiera sur les données climatiques fournies par l’ensemble des laboratoires partenaires du projet CLIM2POWER. |
| Nombre d’étudiants souhaité : 2-3 |
| Prérequis : |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 37 |
| Titre : Comprendre et gérer les variabilités liées aux comportements des utilisateurs et des profils de conduite pour différents scénarios de mobilité électrique afin de suivre l'évolution de l'efficacité de la batterie, son impact et sa durée de vie |
| Enseignants impliqués : Mélanie Douziech, Paula Pérez-López (OIE) |
| Descriptif :  Dans un contexte de forte dépendance des activités économiques vis-à-vis du secteur du transport, la mobilité électrique se positionne comme une alternative dite durable aux technologies conventionnelles. Afin de mesurer le potentiel de cette option pour la réduction des effets nocifs liés à la mobilité (émissions de polluants, bruit, etc.), une évaluation objective et profonde des impacts environnementaux, sociaux et économiques est nécessaire. La batterie constitue un élément décisif affectant la performance environnementale et les coûts associés aux véhicules électriques. Plusieurs questions se posent sur sa dépendance aux ressources matériaux, les impacts environnementaux lors de sa fabrication et la gestion en fin de vie. Ce projet vise à évaluer les effets liés à la variabilité des profils de conduite (urbain, périurbain, sur autoroute) et des comportements des utilisateurs sur l’efficacité et la durée de vie de la batterie. Le langage de programmation Python sera utilisé pour le développement de modèles d’Analyse de Cycle de Vie. |
| Type de recherche : Projet orienté modélisation et analyse environnementale |
| Partenaires : Possibilité d’échanges avec les experts d’IFPEN |
| Nombre d’étudiants souhaité : 2 à 3 |
| Prérequis : De bonnes bases en statistiques et en programmation sont un atout. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 38 |
| Titre : Transition énergétique des régions, lutte contre les polluants et amélioration de la qualité de l’air |
| Enseignants impliqués : Sandrine Selosse (CMA) |
| Descriptif : Dans chaque région doit être élaboré un Schéma Climat Air Energie ayant pour vocation de définir les grandes orientations et les objectifs régionaux en matière de développement des énergies renouvelables, de maîtrise de la demande énergétique, de réduction des émissions de gaz à effet de serre mais aussi d’amélioration de la qualité de l’air et de réduction des émissions de polluants atmosphériques. Un modèle d’optimisation du système énergétique de la région SUD PACA a été développé et permet d’analyser et discuter des trajectoires possibles de décarbonation du territoire, les potentiels de développement des énergies renouvelables et d’évaluer les réductions d’émissions de gaz à effet de serre associées. L’objectif de ce projet est d’aller plus loin et de réfléchir à la prise en compte de divers polluants atmosphériques dans les scénarios prospectifs de transition énergétique de la région. Le transport routier sera notamment la cible de cette étude. |
| Type de recherche : Ce projet s’insère dans le programme de recherche en modélisation long terme du CMA et s’appuie sur le développement de modèle bottom-up d’optimisation TIMES, reposant sur une représentation fine des systèmes énergétiques territoriaux. Ce travail permettra d’apporter des extensions pertinentes au modèle TIMES SUDPACA existant pour son analyse de la transition énergétique des territoires. |
| Partenaires : Des échanges pourront être organisés avec ATMOSUD (Association Agréée par le ministère en charge de l’Environnement pour la Surveillance de la Qualité de l’Air de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur). |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 4 |
| Prérequis : ES Modélisation prospective et politiques de lutte contre le changement climatique serait un plus mais n’est pas obligatoire. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche – TE 39 |
| Titre : Analyse économique et environnementale des véhicules à hydrogène dans l'optique d'une décarbonation du secteur des transports. |
| Enseignants impliqués : Mélanie Douziech et Paula Pérez-López (OIE) |
| Descriptif : Dans la course au développement d’alternatives moins polluantes au transport individuel carboné, telle que la voiture à essence, les véhicules à hydrogène (VE-H2) sont désormais cités comme une filière d’avenir. En effet, les piles à combustible installées dans les voitures à hydrogène rejettent uniquement de la vapeur d’eau lors de leur utilisation. Cependant, la production du dihydrogène, H2, le carburant de ces piles, est encore largement basée sur des processus utilisant des énergies fossiles comme la gazéification du charbon. Ce projet de recherche identifiera, dans un premier temps, les paramètres impactant la compétitivité économique et environnementale des VE-H2 en analysant les différents processus de fabrication de l'hydrogène ainsi que le type d’énergie utilisé dans la fabrication. Cette étape nécessitera une revue de la littérature existante. Dans un second temps, des scénarios de pénétration de ces véhicules seront développés pour un cas d’étude particulier choisi avec les étudiants. Enfin, les impacts environnementaux de ces scénarios seront analysés et leur variabilité et incertitude quantifiées. Cette analyse reposera sur des modèles d’analyse de cycle de vie existants (e.g. carculator du Paul Scherer Institut) et des études menées précédemment (e.g. projet HERMES de l’ADEME) adaptés pour représenter au mieux les spécificités du cas d’étude choisi. Le langage de programmation Python sera utilisé pour cette dernière étape. |
| Type de recherche : Projet orienté modélisation, simulation. |
| Partenaires : Des échanges pourront être programmés avec les partenaires du projet Carnot fédérateur HYTREND (IC M.I.N.ES) |
| Nombre d’étudiants souhaité : 2 à 4 |
| Prérequis : Des connaissances en programmation (par exemple Python) sont un atout. |

|  |
| --- |
| Projet Recherche –TE 40 |
| Titre : Analyse prospective et technologique de la place de l’hydrogène dans une transition vers une France bas carbone |
| Enseignants impliqués : Edi Assoumou (CMA) |
| Descriptif : À travers l’accord de Paris et sa mise en œuvre dans le cadre d’une stratégie nationale bas-carbone, la France se fixe comme cap de sa politique énergie-climat une transition vers un système énergétique global neutre en carbone. L’hydrogène pourrait potentiellement être un vecteur énergétique clé de cette transition aussi bien pour le stockage long terme de l’énergie, l’intégration croissante des systèmes électriques et gaziers, les besoins de chaleur dans l’industrie, que pour le transport de marchandise.  Ce projet de recherche évaluera l’articulation optimale du développement des différentes technologies de la filière hydrogène sur le long terme. A partir d’une modélisation prospective de cette filière en France, ce projet de recherche étudiera la contribution optimale de chaque technologie pour différentes politiques énergétiques. |
| Type de recherche : Projet orienté modélisation et analyse |
| Partenaires : Industriels partenaires de la chaire modélisation prospective |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 |
| Prérequis : |

|  |
| --- |
| Projet Recherche –TE 41 |
| Titre : Évaluation à long terme du rôle des technologies dans la décarbonation du système énergétique européen |
| Enseignants impliqués : Sandrine Selosse (CMA) |
| Descriptif : Afin d’étudier l’atteinte des objectifs de la politique européenne en matière d’énergie et de changement climatique, le Joint Research Centre (JRC) de la Commission européenne a développé un outil pour évaluer le rôle à long terme des technologies. Cet outil, JRC-EU-TIMES, est un modèle bottom-up d’optimisation représentant le système énergétique de chaque État membre de l'UE et des pays voisins, permettant de produire des scénarios/trajectoires du système énergétique de l'UE jusqu'en 2060 en fonction de différents ensembles d'hypothèses et de contraintes technologiques et politiques spécifiques. Le modèle a été mis en accès libre et quelques scénarios prospectifs ont été implémentés pour évaluer quelles améliorations technologiques sont nécessaires pour rendre les technologies compétitives dans divers scénarios d'énergie à faible teneur en carbone. L’objectif de ce projet est d’explorer les résultats de ces différentes trajectoires et de discuter leurs implications pour la politique énergétique de l’UE. De nouveaux scénarios pourront également être implémentés et de nouvelles trajectoires explorées. |
| Type de recherche : Ce projet s’insère dans le programme de recherche en modélisation long terme du CMA et s’appuie sur le développement de modèle bottom-up d’optimisation TIMES, reposant sur une représentation fine des systèmes énergétiques. |
| Partenaires : |
| Nombre d’étudiants souhaité : 1 à 4 |
| Prérequis : ES Modélisation prospective et politiques de lutte contre le changement climatique serait un plus mais n’est pas obligatoire. |