



**APPEL A CANDIDATURE à  
MINES ParisTech  
(Ecole nationale supérieure des  
Mines de Paris)**

*Le Centre de Mathématiques Appliquées recrute un(e) doctorant(e)*

**« DU SMART BUILDING À LA SMART CITY :**

***Quelle approche comportementale pour le pilotage des consommations  
énergétiques des bâtiments »***

### **LE LABORATOIRE D'ACCUEIL ET L'ENCADREMENT**

MINES ParisTech est une école formant des ingénieurs généralistes et des scientifiques de haut niveau. Chargée originellement de la formation des Ingénieurs civils des mines et des Corps techniques de l'État, l'École a développé depuis les années soixante des activités de recherche et d'enseignement de troisième cycle, en liaison avec l'industrie et des partenaires universitaires internationaux. En son sein, le Centre de Mathématiques Appliquées (CMA) est un laboratoire de recherche dont les activités de recherche et d'enseignement relèvent de l'Optimisation, de l'Aide à la décision et du Contrôle. Elles sont réalisées en étroite collaboration avec des partenaires industriels des domaines du climat, de l'économie, des marchés et de l'énergie. Plus précisément, le CMA développe une démarche scientifique originale en déclinant ses compétences scientifiques fondamentales en modélisation, mathématiques du contrôle et de la décision et en informatique du temps réel afin d'aborder des systèmes de plus en plus complexes. Cette association de disciplines fondamentales permet d'envisager ces systèmes pour une déclinaison de thèmes qui reflètent de grands défis industriels et de grandes questions de société : enjeux liés au climat (technologies, carbone, énergie, eau, raréfaction des matériaux), sécurité de sites industriels sensibles, déploiement de systèmes de contrôle pour le spatial, étude de la maturité des marchés de l'électricité et du carbone, et des questions relatives au déploiement des systèmes électriques intégrant des technologies liées aux renouvelables et aux réseaux intelligents.

Le CMA a travaillé et travaille sur plusieurs projets liés à la ville durable comme le projet Sustains (Fonds Unique Interministériel, FUI 2010) qui avait pour objet de développer un outil de visualisation de la phase de pré-programmation urbaine et le projet CitInES qui consistait à réaliser un outil, multi-échelle et multi-énergie, d'optimisation de rendements énergétiques à l'attention des villes et des grands complexes industriels. Alliant prospective, aménagement du territoire, développement durable et vision artistique, le CMA a également contribué au projet ECOTYPE, une première en France, qui visait à développer un outil sous la forme d'un jeu éducatif dont le principe était d'inviter les habitants et usagers d'une commune à intervenir sur différents critères dans le but d'aménager harmonieusement leur commune sur les dix à cinquante prochaines années en relevant de multiples défis, comme la raréfaction des ressources énergétiques, le changement climatique, l'augmentation de la démographie, etc. Le CMA a également participé au projet GRID-TEAMS, lauréat du prix de la

croissance verte numérique 2011, qui s'appuie sur une expérimentation visant à informer au travers de technologies Smart grids, 30 foyers sur leur consommation d'énergie. Grid-Teams s'inscrit dans le cadre de la double problématique de la maîtrise d'énergie et de l'innovation par l'usage. L'objectif de ce projet est d'identifier des leviers pertinents pour impulser et rendre durable le changement de comportement des particuliers face aux consommations énergétiques en région PACA.

Les deux scientifiques au CMA qui encadreront le/la doctorant/e sont Gilles Guerassimoff, maître-assistant, et Sandrine Selosse, chargée de recherche. Gilles Guerassimoff est impliqué dans des projets de recherche sur l'identification et le contrôle des bâtiments avec la prise en compte de l'effet de ses occupants ainsi que sur l'intégration de ces domaines au sein de modèle de prospective. Sandrine Selosse est impliquée dans plusieurs projets de recherche et dans la Chaire Modélisation prospective au service du développement durable qu'elle anime, elle possède une solide connaissance des modèles appliquées à l'énergie et de leurs enjeux.

## **OBJECTIF GÉNÉRAL DU PROJET DE RECHERCHE**

L'objectif général de ce travail de thèse est de mettre en œuvre une méthodologie visant à intégrer le comportement des usagers d'un bâtiment dans sa gestion énergétique à partir de l'usage d'objets connectés. Forts des premières expériences menées au CMA, il s'agira notamment de déployer une expérimentation qui permettra de calibrer les éléments nécessaires à l'établissement d'un programme ambitieux de pilotage des bâtiments par l'implication dynamique de ses usagers. La combinaison d'un approche technologique (qui a déjà été engagée) et comportementale (pour laquelle de grandes avancées restent à faire et qui est un des enjeux de ce travail) permettra d'envisager un réel smart building, le rendant ainsi acteur incontournable de la future smart city.

## **CONTEXTE DU PROJET DE RECHERCHE**

L'amélioration de la performance énergétique des bâtiments passe d'un côté, par de gros enjeux d'isolation thermique, qui sont assez bien affichés par la réglementation depuis de nombreuses années, et de l'autre, par les nouvelles perspectives qu'offre l'instrumentation du bâtiment, via les IoT (*Internet of Things* ou Internet des Objets), qui est devenue un élément clé de la maîtrise des consommations énergétiques. L'un et l'autre étant menés en parallèle. Les progrès incessants en termes de collecte de données dans le domaine du bâtiment au sens large permettent d'envisager de nouvelles méthodes pour l'évaluation de leur performance. En effet, de nombreux capteurs permettent de différencier les usages au sein des bâtiments selon leur activité et avec une fréquence d'échantillonnage qui permet une réelle valeur ajoutée. L'essor des Smart Grids laisse envisager d'énormes progrès dans une meilleure évaluation des demandes mais se posent de nombreuses questions autour de ces thématiques. L'une d'entre elle est le pilotage d'un bâtiment dans son ensemble, c'est-à-dire le bâti, ses usages et surtout le comportement de ses usagers. En effet, pour renforcer la maîtrise des consommations énergétiques des usagers, de nombreuses études ont été menées en se focalisant sur les comportements afin d'apporter des éléments de compréhension de ses déterminants. Pour autant, les interactions entre les composants de la consommation et les moyens mis en œuvre pour la maîtriser restent complexes et pas forcément totalement identifiées.

Le bâtiment n'est plus simplement une enveloppe abritant une activité qui peut être tertiaire ou industrielle, il devient un acteur majeur dans son impact au sein de la ville et même au sein des réseaux d'énergies (électricité, chaleur, froid, eau). Ces réseaux peuvent maintenant ne plus subir

l'impact de ces bâtiments mais les rendre acteurs de l'équilibre offre/demande afin de minimiser l'impact environnemental de leur fonction initiale. Un bâtiment peut en effet consommer mais aussi produire ou stocker de l'énergie. La connaissance et le pilotage de ces capacités permet de rendre cette entité actrice sur les réseaux et les marchés de l'énergie et donc de contribuer à une amélioration de la gestion globale du système. Cependant, selon les aléas auxquels ils sont soumis (climat, usages et comportements), il devient nécessaire d'être en mesure de piloter ces bâtiments tout en respectant leur fonction première qui est d'assurer un certain confort à ses occupants et leurs activités. **Dans ce contexte, l'objectif de ce projet est d'optimiser les comportements des usagers au regard des IoT et des enjeux de maîtrise des consommations énergétiques.**

### **ENJEU DU PROJET DE RECHERCHE : COMBINER ANALYSES TECHNOLOGIQUE ET COMPORTEMENTALE POUR UN PILOTAGE ORIGINAL ET INNOVANT DES BÂTIMENTS**

Le système énergétique que représente un bâtiment et son usage étant très complexe et varié d'une activité à l'autre et d'une structure à l'autre, la mise au point d'algorithmes d'optimisation de leur comportement non seulement physique mais aussi économique et comportemental ne peut être effectuée trivialement par des méthodes classiques. Pour se faire, il s'agit ici de développer une méthodologie propre à intégrer le comportement des usagers d'un bâtiment dans sa gestion énergétique apportée par les IoT. Et pour se faire, de déployer une expérimentation qui permettra de calibrer les éléments nécessaires à un programme ambitieux de pilotage d'un bâtiment, qu'il soit résidentiel ou tertiaire, par l'implication dynamique de ses usagers. L'ambition de ce projet de thèse est in fine de combiner une approche technologique de gestion énergétique fondée sur les données de capteurs avec une approche comportementale orientée usagers.

Pour cela, il s'agit de mettre l'utilisateur au cœur du système et de lui faire prendre conscience de l'effet de ses actions sur la consommation énergétique du bâtiment. Les études foisonnent dans ce domaine au niveau des ménages résidentiels et les résultats sont encourageants. De nombreuses applications sont développées grâce à l'avènement du déploiement des compteurs communicants et des objets connectés. Ces outils permettent de guider l'utilisateur dans une démarche volontaire d'efficacité énergétique au sein de son logement. La difficulté au niveau des ménages est la collecte des informations personnelles au niveau du bâti comme au niveau du taux d'équipement pour proposer un modèle complètement calibré. Cette problématique se pose moins dès lors que l'on se place au niveau du secteur tertiaire où l'on peut plus facilement quantifier les équipements et dont on a plus souvent accès à un diagnostic ou à un audit de sa structure.

Dans le cadre de cette thèse, il s'agira de mener en parallèle une analyse de données issues de différents capteurs qui reposent sur l'acquisition et le traitement de données pertinentes - des méthodes de data mining destinées à la prédiction de la consommation, des températures intérieures et des voies d'amélioration des consommations seront alors déployées – et une analyse des comportements des usagers qui reposera sur l'apport d'informations spécifiques destinées à faire adhérer les usagers à l'amélioration de leurs consommations. Cette deuxième partie est tout l'enjeu de ce travail de thèse. Plus précisément, afin de mieux comprendre les leviers d'actions comportementaux permettant d'améliorer la performance énergétique des bâtiments, le déploiement d'informations et d'incitations spécifiques pour une adhésion des usagers à une démarche d'amélioration de leurs consommations sera à expérimenter. Différents nudges qui seront alimentés

par l'exploitation des données recueillies par nos objets communicants pourront notamment être déployés.

L'intérêt de cette thèse est ainsi d'étudier le comportement des usagers d'une activité tertiaire afin de trouver les leviers permettant une amélioration des performances collectives engendrant une baisse de la consommation énergétique au travail. Fort de l'expérience résidentielle, où l'intérêt est différent, il s'agira de formuler des pistes et des recommandations pour favoriser un comportement individuel et collectif économe en énergie en complémentarité avec les innovations technologiques apportées par les IoT. Ce travail de thèse constitue ainsi une opportunité tout à fait originale d'avancer dans le sens de la prise en compte des usages/comportements, au-delà de la décomposition des courbes de charges, pour évaluer le potentiel d'économies de consommations énergétiques mais aussi les inciter. Eu égard à l'enjeu d'optimisation des comportements des usagers au regard des IoT, ce travail permettra également de rendre compte des impacts que l'on pourrait attendre des smart grids et d'apporter des éléments de facilitation pour le développement, au sens plus étendu, des Smart cities.

### **PRÉ-REQUIS DU CANDIDAT**

Le candidat doit démontrer un fort intérêt dans le domaine de la recherche et avoir obtenu un niveau en Master (ou équivalent) présentant une spécialité en sciences des données. Des connaissances dans le domaine des sciences humaines et sociales (économie comportementale) seraient appréciées mais ne sont pas déterminantes.

### **MODALITÉS DE DÉPÔT DES CANDIDATURES**

Le dossier de candidature comportera :

- Une lettre de motivation,
- Un CV détaillé.

Le dossier doit parvenir aux adresses suivantes :

[gilles.guerassimoff@mines-paristech.fr](mailto:gilles.guerassimoff@mines-paristech.fr)

[sandrine.selosse@mines-paristech.fr](mailto:sandrine.selosse@mines-paristech.fr)

La date limite d'envoi des dossiers est fixée au 22 juin 2018