

# Optimisation Sous Contraintes des Flexibilités des Équipements Consommateurs d'Électricité dans le secteur Résidentiel et Tertiaire

## Directeurs de thèse

Nicolas LABROCHE ([nicolas.labroche@univ-tours.fr](mailto:nicolas.labroche@univ-tours.fr)), Vincent T'KINDT ([tkindt@univ-tours.fr](mailto:tkindt@univ-tours.fr)), Alexandre CHANSON ([alexandre.chanson@univ-tours.fr](mailto:alexandre.chanson@univ-tours.fr))

## Sujet

L'équipe Recherche Opérationnelle, Ordonnancement et Transport, l'équipe Bases de Données et Traitement des Langues Naturelles (BDTLN) et la société Symphonics proposent un financement de thèse de doctorat à temps plein pour un début au printemps 2025. La thèse sera basée à Tours avec la moitié du temps dans les locaux de l'entreprise et l'autre moitié au sein du laboratoire.

La gestion d'un système électrique suppose un équilibre à chaque instant entre production et consommation. Cela ne peut se faire qu'en modifiant soit la production, soit la consommation ; c'est ce que l'on dénomme flexibilités dans le système électrique. L'introduction croissante des énergies renouvelables impose l'augmentation du gisement de flexibilités et notamment celles se trouvant chez les consommateurs représentant une source peu coûteuse pour satisfaire le besoin de décarbonation du mix énergétique, enjeu majeur aussi bien sur le plan écologique, qu'économique et social.

C'est le créneau choisi par La société Symphonics qui se positionne sur le marché en proposant de transformer les bâtiments résidentiels et tertiaires en batteries par le pilotage à la hausse et à la baisse des équipements énergivores dont la consommation peut être déplacée dans la journée (par ex. Chauffe-eau, chargeur de véhicule, etc.).

## Mission

Cette thèse CIFRE propose de s'attaquer à l'optimisation sous contraintes des équipements consommateurs d'électricité dans les secteurs résidentiel et tertiaire, un enjeu crucial à l'ère de la transition énergétique et de la digitalisation. L'objectif est de développer des modèles et des algorithmes qui permettent de maximiser l'efficacité énergétique et la flexibilité des systèmes tout en respectant les contraintes spécifiques (confort, stabilité du réseau, coûts) associées à ces environnements.

**L'ensemble des modélisations permettant de définir les meilleurs optimums temps réel possibles nécessite la résolution de plusieurs verrous relevant de l'hybridation de méthodes issues de la science des contraintes et de la science des données.**

Ces verrous sont abordés sous l'angle de l'optimisation qui peut être formulée comme un problème multi-agents en recherche opérationnelle. Plusieurs agents (la société Symphonics, les clients, les acteurs du réseau électrique) interviennent dans le processus et leurs objectifs propres sont à prendre en compte. Par exemple, certains clients voudront optimiser un niveau de confort en termes de chauffage, et garantir la charge d'un véhicule électrique. A l'échelle du système, la société Symphonics peut vouloir réduire les émissions de CO2 ou les coûts de livraison de l'électricité. Il faut donc optimiser la consommation d'électricité tout en tenant compte des différents objectifs des agents. Dans le contexte de cette thèse, les verrous pour résoudre un tel problème sont nombreux :

- Le passage à l'échelle : l'entreprise vise une application pour des centaines de milliers de clients, ce qui reste une difficulté majeure pour une résolution efficace du problème en

recherche opérationnelle, dans des temps compatibles avec le scénario industriel (moins de 15 minutes) ;

- Cette optimisation doit s'appuyer sur des informations qui devront être prédites au niveau de chaque client au fil du temps, sur la base de la connaissance contextuelle et de préférences (par exemple, prédire la consommation électrique d'un chauffe-eau en hiver heure par heure pour un client donné) ;

Comme toute approche reposant sur des modèles prédictifs, une attention particulière devra être apportée à l'explicabilité des solutions proposées.

Enfin, l'hybridation de la recherche opérationnelle et de l'apprentissage artificiel prendra son sens pour définir des algorithmes de résolution efficaces du problème. Les méthodes d'apprentissage artificiel pourront notamment permettre de rechercher les meilleurs paramètres de la méthode multi-agents, ou réduire le nombre de clients en utilisant des approches de clustering de flux de données pour obtenir des groupes homogènes des clients au cours du temps.

Les modèles et algorithmes feront l'objet de phases de validation empiriques avec les partenaires équipementiers et fabricants de la société Symphonics et seront pilotées par le Doctorant.

## Profil

BAC+5. Jeune diplômé ou première expérience

Le candidat recruté devra avoir des connaissances solides en Recherche Opérationnelle (complexité, méthodes exactes et heuristiques, programmation mathématique) et en apprentissage artificiel et architectures profondes. Des connaissances en explicabilité seront appréciées.

La maîtrise de certains outils logiciels est un plus : Python, Google Cloud Platform, PostgreSQL, Solveur MILP.

## Rémunération

Compétitive, à négocier selon le profil du candidat (minimum réglementaire de 26 400 euros brut annuel en 2025, cf. <https://www.anrt.asso.fr/fr/le-dispositif-cifre-7844> )

## Durée

36 mois

## Équipes d'accueil

Université de Tours :

Au sein du Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée de Tours (LIFAT, UR 6300) – Équipe Recherche Opérationnelle, Ordonnancement et Transport (ROOT) et Équipe Bases de Données et Traitement des Langues Naturelles (BDTLN).

L'équipe ROOT est spécialisée dans les domaines de l'ordonnancement et du transport pour lesquels les outils de la Recherche Opérationnelle sont utilisés. L'équipe BDTLN est spécialisée dans le domaine de l'intelligence artificielle intelligible allant de l'exploration des bases de données aux modèles prédictifs et leur explicabilité.

## Symphonics

Au sein de l'équipe Data Science, développant les outils de concaténation de données, les modèles prédictifs de simulations thermiques, de prévision de prix de marché, de disponibilité des équipements et de leur interdépendance dans les programmes temps réel d'optimisation.