



Laboratoire des Sciences
du Numérique de Nantes

PROPOSITION DE SUJET DE STAGE 2025

Optimisation de la livraison d'hydrogène vert

Financement : LS2N (UMR CNRS 6004)

Profil : Recherche Opérationnelle

Gratification : 4,35€ par heure (eq. 649,60€ net par mois)

Équipe des encadrants

Prénom NOM	Olivier PÉTON (Professeur)
Unité de recherche	LS2N (UMR CNRS 6004)
Établissement de rattachement	IMT Atlantique

Prénom NOM	Evgeny GUREVSKY (Maître de Conférences)
Unité de recherche	LS2N (UMR CNRS 6004)
Établissement de rattachement	Université de Nantes

Prénom NOM	François SANSON (Ingénieur de Recherche)
Établissement de rattachement	<i>Lhyfe</i> , Nantes

Prénom NOM	Victor SPITZER (Doctorant CIFRE)
Établissement de rattachement	<i>Lhyfe</i> , Nantes

Court descriptif de l'entreprise *Lhyfe*

Fondée en 2017 et basée à Nantes, l'entreprise *Lhyfe* est un producteur et fournisseur d'hydrogène vert et renouvelable pour la mobilité et l'industrie. Ses sites de production permettent d'accéder à l'hydrogène en quantités importantes, et d'entrer dans un modèle énergétique orienté vers le bénéfice environnemental. *Lhyfe* compte aujourd'hui environ deux cents collaborateurs dans plusieurs pays.

Descriptif du sujet de stage

Le principe de production d'hydrogène vert, pratiqué par l'entreprise *Lhyfe*, repose sur la technologie d'électrolyse et consiste à utiliser une électricité renouvelable et accessible à proximité du site de production. La production est contrainte par la disponibilité et le coût variable de cette ressource renouvelable ainsi que par le besoin d'assurer l'approvisionnement en hydrogène des clients.

L'hydrogène est une molécule volatile, et des containers spéciaux sont utilisés pour le stocker puis le livrer aux clients. Ces containers jouent un rôle central, car les sites de production et les clients ne disposent pas d'autres capacités de stockage. Les containers sont donc périodiquement déplacés vers un site de production pour être rechargés, puis amenés aux clients pour que l'hydrogène en stock y soit consommé.

Il est donc crucial de parvenir à maîtriser la chaîne logistique reliant les sites de production et les clients par la gestion d'une telle flotte de containers. Les enjeux sont à la fois d'assurer l'approvisionnement des clients et de minimiser les coûts.

Ce problème nécessite la modélisation simultanée des sites de production, des consommateurs et de la flotte de containers pour une planification de quelques semaines. Les coûts de production et de transport dépendent de l'heure de la journée, et la consommation de chaque client varie dans le temps. Ce cas d'étude se distingue des problèmes classiques de tournées de véhicule par la présence de containers jouant à la fois le rôle de stockage et de produit à livrer.

Pour des instances de grande taille, ce problème devient complexe à modéliser et à résoudre : toutes les routes possibles de containers doivent être représentées, alors que seules quelques unes font partie de la solution. Une approche de décomposition par *Branch-and-Price* a été développée, afin de réduire la dimension du problème par la génération itérative de routes de containers. Cette approche nécessite cependant de résoudre un grand nombre de fois un problème simplifié générant de nouvelles routes possibles pour un ensemble de coûts donné.

L'objectif de ce stage est donc de concevoir des méthodes d'optimisation approchées pour l'identification de solutions faisables pertinentes et l'amélioration des méthodes existantes.

Le travail du stagiaire consistera à identifier des problèmes simplifiés pouvant être résolus de manière approchée, et développer des méthodes heuristiques afin de les résoudre.

Le planning prévisionnel du stage comporte les étapes suivantes :

1. Analyse de la littérature en Recherche Opérationnelle sur les aspects liés à la **co-planification de production et de livraison**.
2. Bien comprendre et analyser le problème posé par l'entreprise *Lhyfe*.
3. Établir un état de l'art pour le problème étudié et proposer un ou des méthodes approchées pour résoudre ce problème.

Le candidat(e) retenu(e) sera employé(e) par le laboratoire LS2N (UMR CNRS 6004) au sein de l'équipe MODELIS (Modélisation, Optimisation et DEcision pour la Logistique, l'Industrie et les Services) et basé(e) à l'IMT Atlantique à Nantes, mais aura vocation à effectuer des visites à l'entreprise *Lhyfe*. La période souhaitée du stage est de 5-6 mois du 01 février 2025 au 30 juin/31 juillet 2025.

Le ou la candidat(e) recherché(e) devra avoir de solides compétences en programmation C++, JAVA, Julia ou bien Python ainsi qu'un bon niveau de français ou/et d'anglais à l'écrit et à l'oral. La maîtrise des solveurs commerciaux comme CPLEX ou GUROBI et de leur API serait un vrai plus. Il ou elle devra être étudiant(e) en dernière année de cursus ingénieur ou universitaire (BAC + 5). Sa formation principale doit de préférence porter sur l'informatique, la recherche opérationnelle ou bien le génie industriel.

Le dossier de candidature doit contenir :

1. CV détaillé
2. Notes de M1
3. Rapport de stage de L3
4. Rapport de stage de M1 (ou Rapport de TER de M1)
5. Lettre de motivation

Les candidatures seront traitées au fur et à mesure de leur réception. Le dossier complet doit être envoyé à l'adresse suivante : research.ls2n@gmail.com

Références

- [1] **Benoist, T., Gardi, F., Jeanjean, A. and Estellon, B.** 2011. Randomized Local Search for Real-Life Inventory Routing. *Transportation Science* 45(3) : 381-398.
- [2] **Bendali, F., Mole Kamga, E., Mailfert, J., Quilliot, A. and Toussaint, H.** 2021. Synchronizing energy production and vehicle routing. *RAIRO - Operations Research* 55(4) : 2141-2163
- [3] **Kang, J.E. and Recker, W.** 2015. Strategic hydrogen refueling station locations with scheduling and routing considerations of individual vehicles. *Transportation Science* 49(4) : 767-783.
- [4] **Bard, J. and Nananuku, N.** 2010. A branch-and-price algorithm for an integrated production and inventory routing problem. *Computers & Operations Research* 37(12) : 202-2217.