

DÉFIS INNOVATION RAPPORT FINAL D'ACTIVITÉ

Projet :

Recharge rapide sur réseau électrique marginal

Par :

Développement YULtek inc.

Table des matières

| | |
|---|-----------------------------------|
| Rapport final d'activité pour diffusion (2024)..... | Erreur! Signet non défini. |
| Défis Innovation | Erreur! Signet non défini. |
| Contexte | 4 |
| Objectif et démarche | 4 |
| Concept | 5 |
| Réalisation..... | 5 |
| I. Système minimal laboratoire et démonstrateur..... | 6 |
| II. Parallélisation des batteries et augmentation de la puissance | 6 |
| III. Intégration recharge réseau monophasée | 8 |
| IV. Montage du système dans la station..... | 9 |
| V. Préparation du site d'essai..... | 10 |
| VI. Essais extérieurs | 11 |
| Résultats obtenus..... | 13 |
| Impacts et analyse | 14 |
| Leçons apprises | 14 |
| I. Le dilemme budget VS échéancier | 14 |
| II. La compétition ne dort jamais | 15 |
| Suites à donner | 17 |
| Conclusion..... | 18 |

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 – Représentation conceptuelle de la station de recharge Kayak | 5 |
| Figure 2 – Travaux sur la qualité d’onde du micro-réseau triphasé qui alimente la BRCC | 6 |
| Figure 3 – Montage-prototype pour essais de « précharge » et essais des systèmes de contrôle critiques..... | 8 |
| Figure 4 – Travaux de soudure et montage du système dans la station | 10 |
| Figure 5 - Excavation de la tranchée sur le site d’essai..... | 11 |
| Figure 6 - Déplacement de la station pour les essais extérieurs, à l’aide du chariot élévateur | 12 |
| Figure 7 – Session de recharge effectuée lors de la démonstration | 13 |
| Figure 8 – Sessions de recharge effectuées durant la période d’essais | 13 |
| Figure 9 – La borne BoostCharger de Freewire | 16 |
| Figure 10 – Station Kayak..... | 17 |

Contexte

Développement YULtek est une petite entreprise qui développe des produits à base de batteries automobiles réutilisées en deuxième vie. Nos produits visent à faciliter la recharge de véhicules électriques dans des endroits où il serait normalement difficile de le faire. Hydro-Québec, notre principal client, a déjà confirmé son intérêt pour l'acquisition du premier produit de notre entreprise : l'*Otarcik*. Il s'agit d'une station de recharge 100% autonome, alimentée par panneaux solaires, qui permettra au Circuit Électrique (H-Q), d'offrir de la recharge rapide à 50kw sur un site sans réseau électrique.

Les enjeux d'H-Q varient grandement d'un site à l'autre. De plus, on n'a qu'à lire les nouvelles pour réaliser à quel point la société d'état a des défis à relever pour s'assurer d'être en mesure de soutenir les besoins énergétiques grandissants qu'apportent l'électrification des transports et, plus largement, la décarbonation que vise le Québec.

Notre client nous a donc lancé un nouveau défi en 2022 : adapter notre technologie afin de créer une station de recharge qui pourrait être alimentée sur une source électrique monophasée très limitée. Il s'agit pour H-Q d'une occasion de bénéficier des avantages que représentent les ressources énergétiques distribuées (RED) qu'elle désire utiliser pour alléger le fardeau sur son réseau dans les années à venir. La création de la filiale EVLO est un exemple de cette vision pour la société d'état.

Le défi qui est lancé ici à YULtek vise littéralement à créer une RED de taille inférieure au segment visé par EVLO. Il s'agit d'une opportunité en or que nous nous devons de saisir, malgré son échéancier serré sur moins d'un an.

Objectif et démarche

C'est ainsi que ce défi lancé par H-Q est devenu l'objet du programme *Défis Innovation* qui a débuté chez YULtek à l'automne 2022. YULtek a ainsi consacré d'importantes ressources, tant matérielles qu'humaines et financières, à développer une version connectée au réseau de sa station de recharge autonome. Ce nouveau produit, qui est l'objet du programme de subvention administré par Propulsion Québec, se nommera « *Kayak* ».

Le présent rapport final survole les travaux du projet de développement, les ressources impliquées et la création d'une station prototype. L'objectif est de permettre à Propulsion Québec d'apprécier l'état de la situation à la fin du projet.

Concept

Un kayak permet d'aller rapidement partout, même s'il y a peu d'eau, tout comme notre produit permet d'offrir de la recharge rapide partout, même si le réseau électrique est très faible. La station emmagasinera donc, 24h par jour, l'énergie tirée d'une source de puissance limitée. Elle pourra ensuite fournir l'énergie aux usagers, à grande puissance, lors des sessions de recharge rapide.

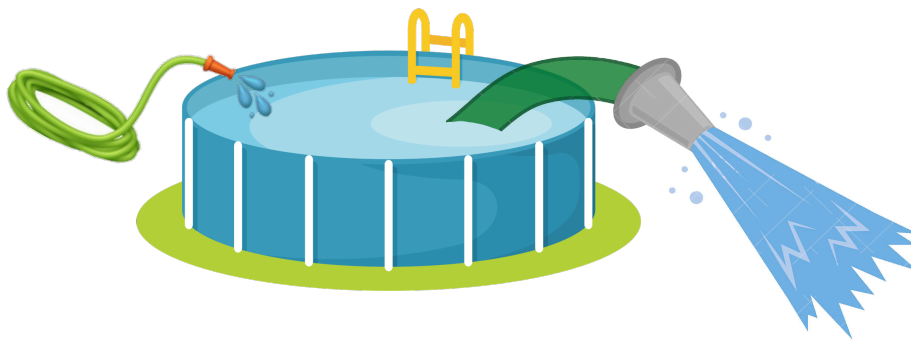


Figure 1 – Représentation conceptuelle de la station de recharge Kayak

Tout au long du projet, le développement de la station Kayak s'est effectué de manière itérative et agile. C'est ainsi que l'équipe interne de YULtek a développé un système initial de base, dont la complexité a été croissante en se bonifiant tout au long du projet. En partant sur les bases d'un système « Otarcik », soit notre premier produit purement autonome, plus simple, nous avons bâti les éléments nécessaires au défi lancé par H-Q. Au fur et à mesure que les principes de fonctionnements de base du Kayak ont été prouvés, l'enveloppe de performance du système a été graduellement augmentée par une succession d'essais et de travaux.

Le bût du défi était d'obtenir un prototype grandeur réelle de la station Kayak et de réaliser en fin de projet la démonstration, avec un véhicule électrique en charge, de cette station alimentée par un réseau électrique monophasé minimal.

Réalisation

C'est de cette manière itérative que l'équipe de développeurs est passé graduellement d'un système minimal en laboratoire, prouvant le principe de fonctionnement, à une station de recharge prototype complète, atteignant les objectifs de fonctionnalités et de performance qui avaient été initialement visés. Nous survolerons donc ici les grands blocs du projet. Considérant l'échéancier très serré du programme Défis Innovation, certains objectifs ont dû être mis de côté. Notons principalement l'externalisation de certains

travaux qui ont plutôt été rapatriés à l'interne pour accélérer le montage et du prototype final en vue des essais.

I. Système minimal laboratoire et démonstrateur

L'équipe s'est d'abord attaquée au montage d'un système de micro-réseau triphasé complet, alimenté par une batterie de véhicule électrique. Il s'agit d'une version pleine grandeur, mais à puissance réduite, intégrant les apprentissages effectués antérieurement et poussant plus loin les théories des développeurs. Il a ainsi été possible de raffiner nos méthodes de filtrage de l'onde produite par notre onduleur de traction et d'obtenir un réseau C.A. autonome et stable. En d'autres mots, nous avons créé en atelier un réseau électrique triphasé, entièrement indépendant, dont la qualité d'onde et la puissance disponible sont suffisantes pour satisfaire les requis d'une borne de recharge rapide (BRCC) standard à 480V. C'est avec ce système que nous avons jeté les bases du développement la station de recharge.



Figure 2 – Travaux sur la qualité d'onde du micro-réseau triphasé qui alimente la BRCC

II. Parallélisation des batteries et augmentation de la puissance

Bien qu'elle sera ultérieurement alimentée 24h par jour, la station de recharge que nous développons doit bénéficier d'une bonne quantité d'énergie stockée afin de pouvoir fournir la BRCC durant quelques sessions de recharge. Le deuxième travail important de l'équipe a donc été la mise en parallèle des batteries qui constituent la réserve interne de la station de recharge. En effet, pour assurer un bon service aux usagers qui visiteront la station,

elle doit agir comme un réservoir, qui pourra alimenter quelques sessions de recharges puissantes successives.

Basée sur les travaux entamés pour la réalisation d'une première version de la station de recharge développée par YULtek, l'intégration des protocoles et de défrichage des cas d'utilisation des batteries de VÉ dans des conditions variables, ont été une tâche importante pour les développeurs. En effet, nos produits réutilisent des batteries de véhicules électriques en deuxième vie. Pour ce faire, nous devons faire fonctionner ces batteries en leur assurant les conditions d'opérations auxquelles elles s'attendent. Tant au niveau des signaux de contrôle, qu'à celui des besoins en gestion thermique, faire fonctionner des batteries hors d'un véhicule est une tâche qui nécessite de développer des systèmes de contrôles adaptés à leurs requis.

À cette étape, paralléliser de telles batteries apporte son lot de défis, car elles ont été conçues pour fonctionner de manière indépendante dans leur véhicule d'origine. Le présent projet vise à garder la station en fonction 24h par jour, pour qu'elle se recharge à faible puissance. C'est là aussi un défi puisque les travaux antérieurs de YULtek ne visaient qu'à recharger les batteries que par période d'ensoleillement.

Ainsi la séquence de gestion de la précharge pour mettre en ligne un groupe de batteries multiples a dû être raffinée et adaptée. Les systèmes internes des batteries que nous utilisons doivent être contrôlés sans qu'elles se nuisent entre-elles. Garder de telles batteries en fonction 24h sur 24 ne fait pas partie des cas d'usages prévus originalement par les ingénieurs du marché automobile et certains mécanismes ont dû être prévus par nos développeurs pour contourner les embuches rencontrées en cours de projet.



Figure 3 – Montage-prototype pour essais de « précharge » et essais des systèmes de contrôle critiques

III. Intégration recharge réseau monophasée

L'étape subséquente du projet a été de s'attaquer à la recharge en elle-même. En effet, le noyau du projet était de développer une station capable de recharger ses batteries 24h sur 24 à partir d'une petite source de puissance, soit une faible connexion monophasée au réseau électrique conventionnel. L'intégration, l'asservissement, le refroidissement de chargeurs a donc occupé une place importante dans les travaux de l'équipe, puisqu'il s'agit là de la clé de ce nouveau système, le Kayak.

S'appuyant sur le système de batteries parallélisées et maintenant fonctionnelles sur un cycle de 24h, l'équipe devait intégrer un système de recharge fiable et efficace, qui pourrait tirer avantage de l'énergie disponible sur place, lors du déploiement ultérieur de la station sur les sites réels. L'équipe a donc opté pour l'intégration de chargeurs de puissance relativement faible, chacun pourvu d'une simple entrée monophasée. Ceux-ci pourront être parallélisés pour obtenir la puissance visée. En procédant ainsi, nous tirons avantage de la redondance qu'apportent de multiples chargeurs. Nous ouvrons aussi la porte à davantage de flexibilité, tel que la possibilité de pouvoir agencer les

chargeurs, ultérieurement, en mode triphasé. Cela pourra un jour s'avérer utile pour tirer parti d'un site où le circuit d'alimentation serait plus costaud.

Ce choix apporte évidemment son lot de travaux et de complexité supplémentaire, ainsi l'équipe de développeurs a eu à paralléliser le contrôle de ce banc de chargeurs et à assurer une communication indépendante adéquate à chacun. Nous avons aussi dû nous assurer de rendre modulaires et sécuritaires leurs connexions et mécanismes de détection, et ce tant en amont (côté entrée C.A.) qu'en aval (du côté batteries de la station).

IV. Montage du système dans la station

Avec ce système fonctionnel monté en atelier, l'équipe s'est ensuite affairée à migrer et installer tous les composants du système dans des conteneurs modifiés pour héberger l'ensemble de la station.

L'ensemble des composants du système a donc été migré sur des supports mécaniques intégrés aux conteneurs. Le câblage, les systèmes de protection, les goulottes de distribution et les composants électriques ont été intégrés au montage du système en vue des essais extérieurs. Des systèmes de gestion thermiques, tels des pompes, des radiateurs et des réservoirs de liquide ont été mis en place dans les conteneurs. Un circuit régule la température des batteries, un autre évacue la chaleur hors des composants électroniques de puissance.

Tous les équipements de contrôle développés ont été installés dans des armoires de protection et raccordés aux différents composants vitaux maintenant installés dans les conteneurs.

C'est aussi à cette étape que le banc de chargeurs a été intégré à la station en vue du raccordement aux circuit d'alimentation monophasé.



Figure 4 – Travaux de soudure et montage du système dans la station

V. Préparation du site d'essai

Afin de préparer les essais extérieurs de la station, une connexion à faible puissance, telle que celle visée par le défi qui nous a été lancé, devait être disponible aux ateliers de YULtek. Une connexion monophasée de 240 / 50A a donc été installée à l'extérieur de nos locaux, pour y relier ultérieurement le système à l'essai.

Pour ce faire, une tranchée a d'abord été creusée et un câble sous-terrain étanche y a été installé. Le bût étant de relier le panneau électrique de l'atelier à un bollard qui a aussi été installé à l'extérieur.



Figure 5 - Excavation de la tranchée sur le site d'essai

VI. Essais extérieurs

Après la préparation du site extérieur, et une fois montage du système terminé, la station de recharge a pu être déplacée hors de l'atelier. Le système a été raccordé au nouveau circuit électrique monophasé installé à l'extérieur et il a été mis en fonction au début juin 2023.

Dorénavant dans un environnement typique de son utilisation réelle, la station a pu entamer une phase d'essai intensifs. Maintenant à l'extérieur, la station a pu être basculée sur son lien de communication satellitaire, telle qu'elle le serait sur un site réel. L'équipe des développeurs a ainsi pu peaufiner les essais de communication satellitaire et mettre à l'essai l'architecture informatique complète sur une station qui demeure opérationnelle 24h par jour. Le système de communication satellite s'est avéré très stable et il permet à la station de relayer ses données vitales aux serveurs de données hébergées dans le *cloud*.



Figure 6 - Déplacement de la station pour les essais extérieurs, à l'aide du chariot élévateur

Les essais en recharge ont donc pu être débutés et ont été effectués de manière quotidienne tout au long du mois de juin 2023, en utilisant deux véhicules électriques personnels des membres de l'équipe comme cobayes.

L'équipe a été en mesure d'effectuer l'ajustement de certains algorithmes de fonctionnement. Un suivi serré des températures de fonctionnement des différents composants a été effectué. Une attention particulière a été portée aux batteries, qui demeurent en fonction 24h par jour et aux chargeurs qui sont raccordés en permanence au circuit d'alimentation.

Résultats obtenus

Une démonstration de recharge officielle a été effectuée en présence de trois représentants d'IVÉO, le matin du 20 juin 2023. Lors de l'essai, le véhicule électrique cobaye a été rechargé par la station de recharge prototype qui était toujours raccordée à son circuit d'alimentation monophasé.

| Rapport de sessions d'utilisation pour la station CEL-00713 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------|--|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|--------|-----------|
| Ce rapport inclut les sessions d'utilisation qui se sont terminées entre 2023-06-20 00:00 et 2023-06-20 11:59. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Les sessions d'utilisation sans transfert d'énergie sont incluses. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Propriétaire | Parc | GUID Connection | Temps du début de connexion (local) | Temps de fin de connexion (local) | Nom du compte | Identifiant de la carte | Réseau de la carte | Durée de la connexion (heures:minutes) | Connecteur utilisé | Niveau de charge au début (%) | Niveau de charge à la fin (%) | Cause de fin de charge | Montant total | Devise | kWh total |
| Hydro-Québec - Bornes rapides | Test - CEL-00713 | 9c84071e-5ba0-4b13-9ac3-9b0c9c85c281 | 2023-06-20 10:57:33 | 2023-06-20 11:17:06 | | AddÉnergie Remote Activation | Circuit électrique | 0:19 | CHAdemo | 30 | 80 | Recharge terminée par le véhicule | 0.00 | CAD | 4.13235 |

Figure 7 – Session de recharge effectuée lors de la démonstration

Durant la période entière des essais sur site, soit le mois de juin et juillet 2023, la station développée par YULtek a livré environ 260kWh en recharge aux véhicules qui ont utilisé sa BRCC.

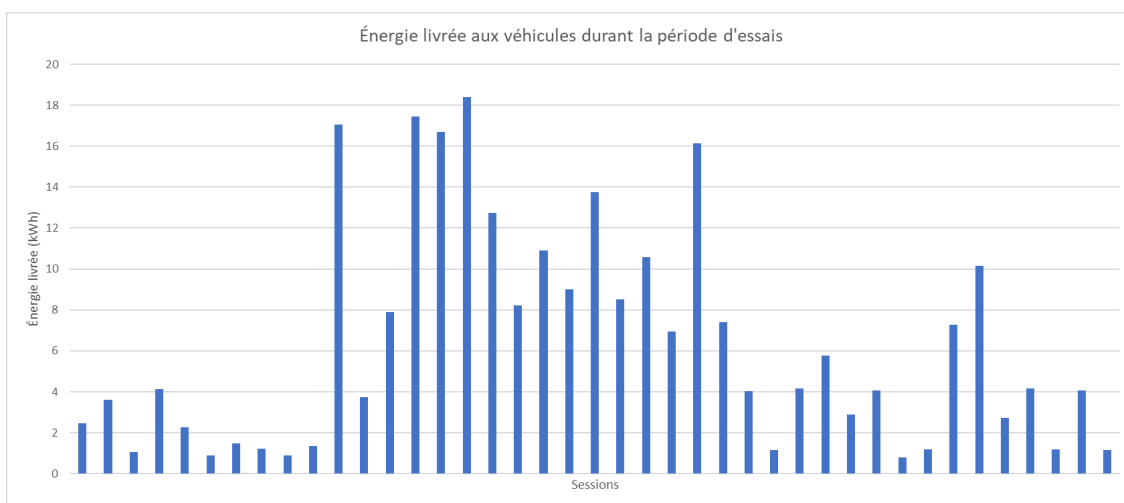


Figure 8 – Sessions de recharge effectuées durant la période d'essais

Sur un horizon plus macroscopique, le projet du Défi Innovation a permis de démontrer la possibilité d'offrir de la recharge rapide sur des sites équipés de réseaux électrique monophasés de faible puissance. Cet élément est assez intéressant que Hydro-Québec a déjà commandé à YULtek une station Kayak complète dans le but de l'installer sur la route 389, entre Manic-5 et Fermont, en 2024. Il s'agit pour H-Q de compléter ce circuit routier éloigné pour lequel une première station purement autonome (Otarcik) a aussi été commandée.

Impacts et analyse

Ce projet a permis de démontrer la possibilité de réutilisation de batteries de traction en seconde vie, sans modifications, pour créer une ressource énergétique distribuée (RED) qu'Hydro-Québec pourra rajouter à son arsenal d'outils pour s'attaquer aux défis de décarbonation à venir.

Cette technologie favorisera la pénétration des véhicules électriques en région éloignée au Québec. Notre solution pourrait sauver des dizaines de millions de dollars aux compagnies électriques en réduisant l'ampleur du réseau de distribution devant être déployé pour offrir la recharge sur les routes mal desservies.

D'ailleurs, un survol très rapide des routes éloignés du pays nous permet d'identifier une foule de sites qui pourraient bénéficier d'une station de recharge. Un minimum de 25 sites au Québec seraient propices à ce genre de déploiement. À cela s'ajoutent huit sites dans les territoires du Nord-Ouest et au Yukon, et trois sites dans les rocheuses canadiennes. Une recherche approfondie permettrait de trouver des dizaines d'autres sites à plus de 100km du réseau électrique triphasé le plus près.

Leçons apprises

Un tel projet de développement apporte son lot de revirements inattendus et d'apprentissages tant pour une petite entreprise que pour ses développeurs.

I. Le dilemme budget VS échéancier

Compte tenu du délai serré pour la réalisation du Défi Innovation, le budget total a été moins grand qu'initialement prévu. Au niveau des autres dépenses, les coûts de sous-traitance ont été moindres qu'anticipés initialement, vu l'internalisation de certains travaux. Les difficultés d'approvisionnement nous ont aussi forcé à revoir certains concepts ou

achats. Un des changements majeurs a été de basculer le concept original de conteneurs maritimes de 40 pieds vers des conteneurs de 20 pieds. Ce changement nous a permis de louer un charriot élévateur de moins grande capacité. La réduction du prix de location a été significative, soit environ un tiers du budget prévu. Par contre, l'inflation est venue augmenter quelque peu la part du budget consacré au matériel.

Les travaux de certification devront aussi être effectués hors du présent projet.

II. La compétition ne dort jamais

Pour une PME, avoir le nez dans un projet aussi dense ne signifie pas que le monde s'arrête. Les développeurs-entrepreneurs doivent toujours garder un œil sur le rétroviseur, même lorsqu'ils sont très occupés. En effet, c'est au cours de la dernière année que la startup américaine Freewire a finalement commencé à livrer en plus grand volume les unités de son produit *BoostCharger*, qui vise à résoudre le même problème que la station de recharge Kayak, que nous étions occupés à développer dans le cadre du Défi Innovation.

Ainsi, l'entreprise californienne a lancé une borne de recharge qui comprend, dans un même ensemble hautement intégré :

- Une BRCC puissante (100~150kW)
- Une entrée électrique monophasée de faible puissance (moins de 27kW)
- Une batterie de stockage interne qui accumule l'énergie pour alimenter la BRCC



Figure 9 – La borne BoostCharger de Freewire

Ce design léché de la borne Freewire n'est pas sans rappeler la densité des BRCC Chargepoint ou l'élégance des Superchargers Tesla. On n'en attendrait pas moins d'une startup qui a levé pas moins de 215 millions \$US depuis 2018. Néanmoins, comme tout jeune produit, la borne Freewire a des défis de fiabilité à relever et elle aura à prouver qu'elle est en mesure d'affronter les hivers québécois.

Sans rien enlever au design californien, nous sommes confiants que notre modeste station Kayak, campée dans son conteneur maritime quasi-indestructible et brandissant une BRCC AddEnergie, faite au Québec, et pour le Québec, saura briller par sa robustesse dans le contexte hivernal sur nos routes éloignées.



Figure 10 – Station Kayak

Suites à donner

Ce projet ayant donné naissance à notre deuxième produit, le Kayak, il devra être raffiné et amené à un niveau de maturité technologique plus élevé pour être mis en production. Pour ce faire, les travaux de développement entamés en cours de projet seront continués à nos ateliers, en vue d'obtenir un produit complet disponible pour nos clients. Nous y intégrerons aussi les apprentissages effectués sur le terrain, après la livraison d'une première unité à Hydro-Québec, qui mettra la station à la disposition de sa clientèle. C'est en intégrant les apprentissages au fur et à mesure que notre gamme de produits gagnera en maturité et, par le fait même, que YULtek fera sa place.

Conclusion

Les besoins de résilience du réseau électrique, et la recherche de ressources énergétiques distribuées c'est un bût visé par Hydro-Québec mais aussi par bien d'autres joueurs dans le domaine de l'énergie. C'est encore plus vrai quand vient le temps d'intégrer des sources d'énergies renouvelables, qui sont moins constantes. En effet, si les réserves d'hydro-électricité sont stables et prévisibles, il faut adopter d'autres stratégies quand on intègre l'éolien et le solaire à un réseau.

La participation au programme Défis Innovation a été une excellente occasion pour YULtek d'élargir sa technologie à d'autres applications et de développer un nouveau produit. L'avènement des ressources énergétiques distribuées (RED) raccordées au réseau électrique fait donc partie de l'arsenal de solutions que devront graduellement adopter les fournisseurs tels Hydro-Québec. Et YULtek sera au rendez-vous!