
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Consultant junior spécialisé dans le
secteur de l'hydrogène

EnerKa

1 rue Conrad Killian, 38950 Saint-Martin-le-Vinoux



Tuteur entreprise :
Mr. Karel Hubert
Dirigeant

Tuteur académique :
Mr. Mindjid Maizia

Maxime Ott
UIT
2019-2020

Table des matières

I. Introduction	<u>2</u>
I.1. Présentation générale	<u>2</u>
I.2. Poste occupé et missions qui m'ont été confiées	<u>2</u>
I.2.1. Rédaction de la Newsletter HyFacts	
I.2.2. Consolidation du calculateur de coût d'une station hydrogène	
I.2.3. Volet « cartographie »	
I.2.4. Volet « veille technologique, recherche d'informations et consolidation de la base de données hydrogène EnerKa »	
I.2.4.1. Identification des concurrents potentiels de la Start-Up Plenesys	
I.2.4.2. Évolution et perspectives de la teneur en platine des piles à combustible	
I.2.4.3. Lister les différentes technologies de compression d'hydrogène	
I.2.4.4. Lister les différentes technologies de purification de l'hydrogène	
I.2.4.5. Rédaction d'une note de veille sur les moteurs à combustion interne à hydrogène	
I.3. Méthode de travail	<u>5</u>
II. Rendu destiné au commanditaire	<u>7</u>
III. Conclusion	<u>8</u>

I. Introduction

I.1. Présentation générale

En raison de la pandémie de la COVID-19 ainsi que de contraintes organisationnelles et temporelles, ce stage s'est déroulé intégralement en télétravail, du mercredi 15 Avril 2020 au vendredi 31 Juillet 2020.

Ce stage a été réalisé au sein d'EnerKa, jeune entreprise de conseil grenobloise embrassant l'ensemble du sujet hydrogène, de la production à l'usage ; et fondée en 2018 par Karel HUBERT, ingénieur spécialisé dans les procédés, les piles à combustible et l'économie de l'hydrogène.

Les études territoriales, le conseil stratégique, et l'assistance à maîtrise d'ouvrage constituent le cœur de compétence d'EnerKa. Par ailleurs, à travers son activité, EnerKa défend des valeurs importantes :

- L'environnement et l'économie : « Nous sommes persuadés que l'écologie n'est pas incompatible avec l'économie et que les meilleures solutions se trouvent là où ces deux mondes s'entendent. La croissance n'est pas une fin en soi mais les solutions doivent permettre d'assurer un équilibre financier minimum. »¹
- La transparence et la satisfaction client : « L'hydrogène n'est pas toujours la meilleure solution à adopter et reste un marché émergent. Nous en sommes conscient et seront les premiers à recommander la prudence lors de nos prestations de conseils. »¹
- Ainsi qu'une approche locale : « L'hydrogène est un sujet résolument local car il fait appel aux ressources spécifiques d'un territoire ainsi qu'à ses spécificités. Nous attachons une grande importance à la connaissance du territoire étudié. »¹

La méthode de travail de l'entreprise s'articule autour de trois axes : une logique de partenariat afin de mutualiser les compétences, le partage de l'information avec notamment la publication chaque semaine d'une newsletter gratuite sur le marché de l'hydrogène, et la formation continue afin de toujours fournir un conseil de qualité.

Concernant l'organisation de l'entreprise, celle-ci est pour le moment constituée uniquement de Karel HUBERT, son fondateur et dirigeant, mais emploie régulièrement des stagiaires et accueillera son premier salarié en septembre 2020. Par ailleurs, elle possède des partenaires et un réseau déjà bien développé. En effet, EnerKa est membre de l'Association Française pour l'Hydrogène et la Pile À Combustible (AFHYPAC) ainsi que du pôle de compétitivité énergie Tenerrdis, et a développé un réseau d'acteurs en région Auvergne-Rhône-Alpes. Parallèlement, EnerKa fait partie du groupement d'entreprises « HY-3 » avec Infinergia et Seed Energy, également basées à Grenoble. Enfin, Gaiadis, cabinet de conseil sur l'hydrogène et les économies d'énergies, collabore avec EnerKa autour de la newsletter HyFacts et de l'offre Bus'Hy, un calculateur destiné aux projets de bus à hydrogène.

I.2. Poste occupé et missions qui m'ont été confiées

I.2.1. Rédaction de la Newsletter HyFacts

Lors de mon stage, j'ai occupé le poste de Consultant Junior spécialisé dans le secteur de l'hydrogène. À ce titre, plusieurs missions m'ont été confiées. La première d'entre elles a été la rédaction de la

¹ Source : [site internet d'EnerKa](#).



newsletter HyFacts – envoyée chaque semaine à plus de 600 abonnés – que j’ai rédigée pendant toute la durée de mon stage et qui est disponible [sur le site internet d’EnerKa](#) (ou en annexe en version PDF, voir « [II. Rendu destiné au commanditaire](#) » pour y accéder). Pour cela, je devais recenser les actualités et offres d’emplois liées au secteur de l’hydrogène et sélectionner les plus pertinentes selon des critères qui m’ont été spécifiés. En lien avec cette mission, j’ai également tenu à jour une base de données Excel regroupant notamment des acteurs, des projets, l’offre de véhicules, ainsi que l’historique des actualités et des offres d’emplois retenues pour les publications.

I.2.2. Consolidation du calculateur de coût d’une station hydrogène

La deuxième mission qui m’a été confiée est la consolidation du calculateur de coût d’une station hydrogène, calculateur qui permet d’appuyer les projets de développement de stations d’hydrogène des clients d’EnerKa. Pour cela, j’ai d’abord dû analyser la version fournie par Karel HUBERT pour la comprendre, puis consolider les formules de calcul et les différents éléments de coûts, cela grâce à une bibliographie qui m’a été proposée, mais également grâce à des recherches personnelles.

I.2.3. Volet « cartographie »

Les autres missions qui m’ont été confiées peuvent être regroupées en deux catégories : un volet « cartographie » et un volet « veille technologique, recherche d’informations et consolidation de la base de données hydrogène EnerKa ».

Concernant le volet « cartographie » : dans un contexte de croissance de l’entreprise, EnerKa souhaite mettre en place un outil cartographique pour ses études de potentiel territorial. J’ai donc été chargé de recenser différents systèmes d’information géographique (logiciels SIG) répondants aux besoins de l’entreprise, puis de tester le logiciel retenu et de rédiger une méthode permettant à tout employé d’EnerKa de prendre rapidement et facilement en main ce logiciel. Au regard des besoins et des moyens de l’entreprise, le logiciel SIG qui a été retenu est QGis. En effet, les capacités et fonctions de celui-ci ont été jugées suffisantes, au moins dans un premier temps, pour répondre aux besoins d’EnerKa. J’ai également décidé de compléter QGis en proposant l’utilisation de uMap, un outil en ligne proposé par OpenStreetMap et permettant de réaliser des cartes interactives très complètes et, selon moi, plus intéressantes visuellement que celles réalisables via QGis. Pour tester le logiciel et m’appuyer sur des exemples pour la rédaction de la note de méthode, j’ai réalisé deux cartes. Une carte permettant de visualiser et localiser facilement les différentes Installations Classées pour la Protection de l’Environnement (ICPE) en lien avec l’hydrogène (production, stockage, utilisation) de France métropolitaine, consultable [ici](#). La seconde illustre bien les besoins d’EnerKa en termes de cartographie. En effet, il s’agit là d’un exemple de problématique typique rencontrée par l’entreprise : STORENGY, filiale d’Engie, prévoit de produire et stocker de l’hydrogène vert – c’est-à-dire de l’hydrogène produit grâce à des énergies renouvelables – sur son site de Cerville en Meurthe-et-Moselle, il est donc nécessaire d’identifier les entreprises (consommateurs industriels d’hydrogène) susceptibles d’acheter de l’hydrogène à STORENGY. Mais pour que le coût de cet hydrogène reste viable, il faut limiter les distances parcourues pour son transport. Généralement cette distance de transport ne doit pas excéder 100 à 200 kilomètres. L’objectif était donc de produire une carte interactive permettant de mettre en évidence les entreprises éligibles à la livraison de l’hydrogène produit et stocké sur le site de Cerville.

I.2.4. Volet « veille technologique, recherche d'informations et consolidation de la base de données hydrogène EnerKa »

Concernant le volet « veille technologique, recherche d'informations et consolidation de la base de données hydrogène EnerKa », plusieurs missions m'ont été confiées.

I.2.4.1. Identification des concurrents potentiels de la Start-Up Plenesys

La Start-Up Plenesys est un spin-off de l'École des Mines ParisTech. Elle a été créée en juin 2018 autour de la technologie de plasma triphasé développée par l'établissement depuis plus de vingt ans. Cette technologie permet de décomposer le méthane en hydrogène gazeux et en carbone solide. Le système développé par Plenesys se différencie principalement par son alimentation en courant alternatif, ce qui améliore sa fiabilité, ainsi que par son système d'alimentation continue en électrodes, réduisant ses coûts opérationnels. L'entreprise, dont la création a été impulsée par quatre cofondateurs que sont Laurent Fulcheri, Sabri Takali, Ahmed Kacem et Frédéric Fabry, est installée à Valbonne dans les Alpes-Maritimes, mais elle est également hébergée dans les locaux de Mines ParisTech sur le campus de Sophia Antipolis, ce qui lui permet de bénéficier d'un accès aux laboratoires des Mines afin de procéder à des tests de recherche et développement.

EnerKa a été missionnée par Plenesys pour une étude stratégique sur la décomposition du méthane, cela afin de se positionner de manière stratégique sur les marchés de l'hydrogène et du carbone. Dans le but de définir la meilleure stratégie pour Plenesys, il était important de connaître son environnement concurrentiel. J'ai donc eu pour mission d'identifier les concurrents potentiels pour la Start-Up. Le livrable de cette mission prend, pour moi, la forme d'une note de synthèse sur les potentiels concurrents de Plenesys. Cette note a ensuite été intégrée dans le rapport d'étude stratégique sur la décomposition du méthane, livrable destiné à Plenesys. Ces deux documents sont consultables en annexe, voir « [II. Rendu destiné au commanditaire](#) » pour y accéder.

I.2.4.2. Évolution et perspectives de la teneur en platine des piles à combustible

Les piles à combustible de type « PEM » – Membrane Échangeuse de Protons (ou Proton Exchange Membrane en Anglais) – capables de générer de l'électricité à partir d'hydrogène, nécessitent du platine, un catalyseur très performant qui permet d'améliorer les rendements et un fonctionnement à basse température, généralement 70°C. À l'instar du lithium pour le déploiement des véhicules électriques à batterie, l'emploi du platine est souvent présenté comme un problème majeur de la filière hydrogène et notamment des usages mobilités. Sa disponibilité réduite et son coût élevé constitueraient des obstacles trop contraignants.

Pour consolider la base de données hydrogène d'EnerKa, j'ai effectué des recherches sur ce sujet. Voici les principales conclusions de ces recherches :

- Les principaux aspects positifs de la réduction de la teneur en platine dans les piles à combustible sont : la réduction des coûts et de l'impact environnemental, ainsi que l'augmentation du rendement et de la durée de vie de la pile.
- Aujourd'hui, entre 2 et 8 grammes de platine sont utilisés pour les pots catalytiques d'un véhicule thermique, contre 27 grammes (0,24 g/kW) pour un Toyota Mirai, et Toyota – l'un des leaders du marché des véhicules à hydrogène – a pour objectif de réduire les besoins en platine à 0,125 g/kW d'ici 2025. Il y a également de nombreuses recherches en cours pour développer des piles à combustible sans ou avec très peu de platine. Une substitution des usages du platine est donc envisageable.
- De nombreuses alternatives, telles que le graphène ou des nanoparticules, sont à l'étude pour remplacer le platine.

- Le recyclage du platine est déjà maîtrisé à 95%, ce qui permet de réduire son impact environnemental, que ce soit pour les véhicules thermiques ou à piles à combustible.

I.2.4.3. Lister les différentes technologies de compression d'hydrogène

La molécule d'hydrogène est la plus petite et la plus légère de l'Univers. Elle est 50 000 fois plus petite que l'épaisseur d'un cheveu, et un litre d'hydrogène dans des conditions normales de pression et de température pèse 90 milligrammes, soit le poids de trois timbres. Sa masse volumique étant très faible, il faut un volume d'environ onze mètres cubes, c'est-à-dire le volume du coffre d'un grand utilitaire, pour stocker seulement un kilogramme d'hydrogène, soit la quantité nécessaire pour parcourir environ cent kilomètres. Pour que son utilisation soit viable, il est donc indispensable d'augmenter sa densité en le compressant. Pour cela, plusieurs techniques existent et les trois principales sont le stockage à haute pression sous forme gazeuse, le stockage à très basse température sous forme liquide, et le stockage à base d'hydrures sous forme solide.

Pour consolider la base de données hydrogène d'EnerKa, j'ai effectué des recherches sur les différentes technologies de compression de l'hydrogène (le résultat de ces recherches a été ajouté à la base de données d'EnerKa, mais le format utilisé ne me permet pas de le rendre disponible en annexe).

I.2.4.4. Lister les méthodes de purification de l'hydrogène

Un autre aspect important pour l'hydrogène en tant que vecteur énergétique est sa pureté. En effet, pour pouvoir être utilisé, notamment dans les applications de mobilité, l'hydrogène doit avoir un niveau élevé de pureté (allant jusqu'à 99,999%).

Toujours pour consolider la base de données hydrogène d'EnerKa, j'ai donc effectué des recherches sur ce sujet. Ces recherches m'ont permis de construire un tableau récapitulatif des technologies de purification de l'hydrogène, tableau qui a été intégré à la base de données d'EnerKa et qui est consultable en annexe (voir « [II. Rendu destiné au commanditaire](#) » pour y accéder).

I.2.4.5. Rédaction d'une note de veille sur les moteurs à combustion interne à hydrogène

La pile à combustible n'est pas la seule technologie permettant d'utiliser l'hydrogène comme vecteur énergétique. En effet, il est aussi possible d'utiliser cet hydrogène pour alimenter des moteurs à combustion interne – c'est-à-dire des moteurs conventionnels, comme sur les véhicules thermiques essence ou diesel – en apportant quelques modifications techniques à ces derniers.

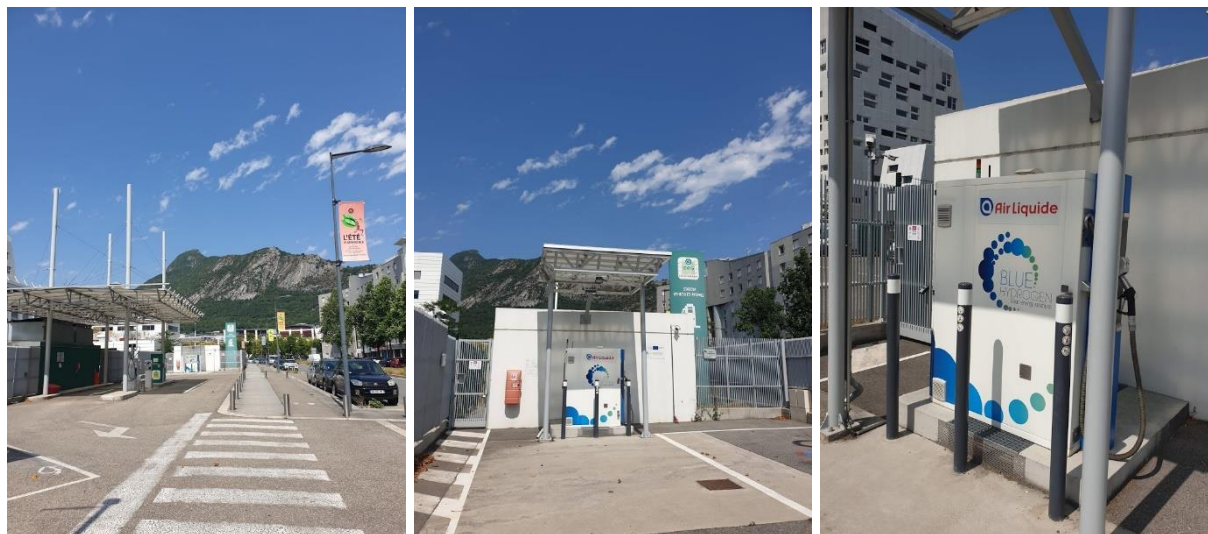
C'est pour consolider ses connaissances sur cette technologie que le Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM) a missionné EnerKa. C'est donc dans ce contexte que j'ai réalisé une note de veille sur les moteurs à combustion interne à hydrogène, ce document est consultable en annexe (voir « [II. Rendu destiné au commanditaire](#) » pour y accéder).

I.3. Méthode de travail

En ce qui concerne la méthode de travail, nous avons naturellement opté, en raison du télétravail, pour un travail avec un assez grand niveau d'autonomie, mais avec des points téléphoniques réguliers – au moins un par semaine – pour discuter de l'état d'avancement et des différentes missions. Un court déplacement à Saint-Martin-le-Vinoux (Grenoble) a également été organisé lundi 27 et mardi 28 juillet pour pouvoir nous rencontrer et travailler ensemble quelques heures au sein des locaux de l'entreprise. Nous avons profité de cette rencontre pour faire un point sur le volet cartographie et



partager nos retours sur le stage. Lors de ce déplacement, j'ai également pu voir une station hydrogène, ce qui est encore assez rare en France aujourd'hui.



Station hydrogène sur le site de GEG à Grenoble, 49 rue Félix-Esclançon. Photos personnelles.

II. Rendu destiné au commanditaire

Étant donné qu'il n'était pas obligatoire de rendre un livrable de type rapport au tuteur professionnel, nous avons convenu ensemble de ne pas en faire, cela pour privilégier les différentes missions qui m'ont été confiées et les livrables attendus par les clients. Il n'est donc pas possible pour moi d'intégrer cela directement dans ce rapport. Cependant, vous pouvez consulter en suivant [ce lien](#) différents documents ou extraits de documents sur lesquels j'ai travaillé. Pour des raisons évidentes de confidentialité, ce dossier ne contient pas tous les documents que j'ai rédigés ou que j'ai pu avoir en ma possession, notamment concernant le calculateur de coût d'une station d'hydrogène et la base de données hydrogène d'EnerKa.

Si le lien ci-dessus ne fonctionne pas, vous pouvez copier l'adresse suivante et la coller dans le navigateur de votre choix.

https://univtoursfr-my.sharepoint.com/:f/g/personal/maxime_ott_etu_univ-tours_fr/EunNEVS3DkBlvA8LbUz_nboBLQJYwFv86SzdGDv5b7X7Q?e=UR4h4c

N'hésitez pas à me contacter par courriel (maxime.ott@etu.univ-tours.fr) en cas de problème technique ou de problème d'accès.

Comme mentionné en introduction, vous pouvez également consulter [sur le site internet d'EnerKa](#) les newsletters que j'ai rédigées (toutes celles publiées du 20 avril 2020 au 28 juillet 2020), ainsi que [la carte des ICPE de France métropolitaine en lien avec l'hydrogène](#).

III. Conclusion

Pour conclure, j'ai effectué mon stage de fin de deuxième année de cycle ingénieur en génie de l'aménagement et de l'environnement, en tant que consultant junior spécialisé dans le secteur de l'hydrogène au sein de l'entreprise EnerKa, basée à Grenoble. Lors de ce stage de quinze semaines, réalisé entièrement en télétravail en raison de la pandémie de la COVID-19 ainsi que de contraintes organisationnelles et temporelles, j'ai pu mettre en pratique mes connaissances acquises durant ma formation à l'École Polytechnique de l'Université de Tours, tout en étant confronté aux difficultés réelles du monde du travail.

Après mon intégration à distance au sein de l'entreprise, j'ai eu l'occasion de réaliser des missions diverses et variées, en lien direct avec les études territoriales, le conseil stratégique, et l'assistance à maîtrise d'ouvrage, qui constituent le cœur de compétence d'EnerKa.

Ce stage a été très enrichissant pour moi car il m'a permis d'en apprendre beaucoup sur l'hydrogène et son économie, un sujet qui m'intéresse énormément. J'ai également eu le sentiment de participer réellement à mon échelle au développement de l'entreprise, notamment grâce à la proposition et à la mise en place d'un logiciel de cartographie, et cela en faisant appel à des connaissances acquises durant ma formation, ce qui m'a beaucoup plu. Ce stage m'a aussi conforté sur l'idée que je préfère m'orienter vers un poste lié au développement de projet, même si je n'exclus désormais pas l'idée de m'orienter vers un poste dans une entreprise de conseil comme EnerKa.

Par ailleurs, EnerKa est une entreprise jeune et de petite taille. En effet, elle a été fondée en 2018 et n'est pour l'instant constitué que de son fondateur et dirigeant. Cela contraste avec mon précédent stage réalisé au sein du Réseau Batigère, groupe d'envergure nationale né en 1984. Ce contraste est très intéressant car j'ai pu me confronter à deux entreprises complètement différentes d'un point de vue organisationnel, et mon ressenti est plutôt positif pour les deux. Je m'imagine donc aussi bien intégrer une grande entreprise déjà bien développée qu'une entreprise de petite taille en plein développement comme EnerKa.

En ce qui concerne le télétravail, je l'ai plutôt bien vécu malgré presque quatre mois de stage. Bien évidemment j'aurais préféré réaliser ce stage en présentiel, mais je pense que le télétravail peut être très intéressant pour gagner en temps et en efficacité sur certaines tâches, et pourra être utilisé de manière plus optimisée par de nombreuses entreprises à l'avenir.

Pour finir, je tiens à remercier Karel HUBERT, fondateur et dirigeant d'EnerKa, qui m'a permis de réaliser ce stage dans de très bonnes conditions et avec un excellent suivi, tout en s'adaptant à la situation inédite que nous avons vécus ces derniers mois.

