

## NOUVELLES MOBILITES ELECTRIQUES : VEHICULES A BATTERIE ET A HYDROGENE

Encadrants : Pedro AFFONSO NOBREGA et Robin GIRARD

Centres de recherche concernés : PERSEE

Lieux : Paris, Sophia-Antipolis

### RESUME :

L'objectif de ce MIG est d'offrir une comparaison des véhicules électriques à batterie et à hydrogène, deux alternatives pour l'électrification des transports. Nous regarderons, en plus des efficacités énergétiques respectives, des aspects comme impacts sur le réseau électrique et le couplage avec les énergies renouvelables, la question des matériaux, les infrastructures de recharge, les différentes contraintes d'usage, etc. Nous souhaitons ainsi vous permettre d'aborder le problème de la mobilité électrique dans sa globalité et de façon quantitative, en prenant conscience des avantages et inconvénients de chaque technologie.

Pour cela, la première semaine sera dédiée à des interventions d'enseignants, chercheurs et acteurs de l'industrie. Une première journée d'introduction sera dédiée à des rappels d'électrochimie et aux fondements des batteries, des piles à combustible et de l'électrolyse. La deuxième journée sera dédiée aux véhicules électriques, avec notamment des interventions d'acteurs de l'industrie qui donneront leur vision sur les véhicules à batterie et à hydrogène. La troisième journée sera dédiée aux infrastructures de recharge, à la question de la mobilité longue distance et aux impacts sur le système électrique. Le quatrième jour, nous visiterons le site industriel de SYMBIO, fabricant français de systèmes piles à combustible pour la mobilité, situé à Fontaine (38), avant de nous diriger vers Sophia-Antipolis pour les deux semaines suivantes, dédiées aux mini-projets.

### CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE :

Depuis quelques mois, l'offre de véhicules électriques à batterie s'élargit et il est de plus en plus courant de croiser des voitures électriques sur nos routes. Poussés par des réglementations de l'Union Européenne plus contraignantes en termes d'émissions, tous les grands industriels de l'automobile ont désormais des modèles électriques sur leur catalogue. Le plan de soutien à la filière automobile française, présenté par le gouvernement français fin mai, va aussi dans le sens d'une électrification de la flotte de véhicules particuliers et d'une réorientation de la filière

vers de véhicules « propres ». Côté performance, les progrès sur les batteries permettent d'augmenter progressivement les autonomies et/ou baisser les prix.

D'un autre côté, l'hydrogène est devenu le vecteur énergétique à la mode. S'il s'agit d'une technologie moins mature, les véhicules électriques à hydrogène commencent à se faire un chemin, notamment pour la mobilité lourde et les véhicules utilitaires. Pour les véhicules particuliers, seulement deux modèles sont aujourd'hui commercialisés en France (Toyota Mirai et Hyundai Nexa), mais le prix élevé et l'infrastructure de recharge quasiment inexistante restent des obstacles à une adoption plus large.

Dans ce contexte, nous pouvons nous demander à quoi ressemblera la mobilité électrique de demain ? Les véhicules à batterie domineront seuls le marché ? Est-ce que les véhicules à hydrogène peuvent être une alternative sérieuse, au-delà du « buzz » ? Quelles sont les implications d'une forte pénétration des véhicules électriques (impacts sur le système énergétique, usage de matériaux, infrastructures de recharge ...) ?

#### **OBJECTIFS, TRAVAIL ET ORGANISATION :**

Comprendre les technologies de stockage d'énergie à batterie et à hydrogène pour les véhicules électriques particuliers. Identifier leurs avantages et inconvénients, évaluer quantitativement ses performances et impacts divers.

#### **MINI-PROJETS**

##### **Impact sur le réseau de l'électrification des véhicules**

Le but de ce projet c'est d'évaluer l'impact sur le réseau électrique d'une adoption à large échelle de véhicules électriques et étudier quelques cas limites à définir : chassé-croisé de vacances à l'autoroute ? journée très froide ?

##### **Impact de l'électrification sur la demande énergétique d'un territoire**

Le but de ce projet est d'évaluer les besoins d'un territoire en termes de stations de recharge et stations de remplissage H2 en fonction d'hypothèses sur le nombre de véhicules et les types d'usage (nombre de trajets, km parcourus, etc.). Il sera intéressant d'estimer le CAPEX et les OPEX totaux, les besoins associés en termes d'approvisionnement en H2 et électricité supplémentaires (hypothèses sur production H2 centralisée ou pas, forme de production, etc.). Mise en perspective par rapport aux flux énergétiques actuels (électricité, combustibles fossiles, etc.) et le coût du réseau de stations-service classiques en place. Application à un cas d'étude.

##### **Hybridation batterie-pile à combustible**

Le but de ce projet c'est d'évaluer les différentes possibilités d'hybridation dans le continuum qui va d'un véhicule 100% batterie à un véhicule 100% pile à combustible (théorique), en passant par des prolongateurs d'autonomie. Evaluer le coût, l'usage de matériaux, l'autonomie, etc. en fonction du "taux d'hybridation".

##### **Outil calcul de coût et impact environnemental des véhicules électriques**

Le but de ce projet serait de développer un outil qui permette à une personne d'estimer le coût total de possession (*total cost of ownership*, TCO), ainsi que les impacts environnementaux, de véhicules essence, diesel, électriques à batterie, FC ou hybrides. Cet outil prendrait en considération des hypothèses sur l'usage et aiderait une éventuelle prise de décision d'achat.

### **LES VISITES**

- SYMBIO - site de Fontaine (38)
- Laboratoire Pile à Combustible - centre PERSEE (06)

*(D'autres à confirmer...)*

### **LES INTERVENANTS**

Pedro AFFONSO NOBREGA (Enseignant-Chercheur – Centre PERSEE)

Christian BEAUGER (Enseignant-Chercheur – Centre PERSEE)

Robin GIRARD (Enseignant-Chercheur – Centre PERSEE)

Charlotte GERVILLIE (Chercheur – Collège de France)

Fabio FERRARI (Fondateur – SYMBIO)

Jean-Luc BROSSARD (Directeur R&D – PFA)

Yorick LIGEN (Resp. Ingénierie – Seabubbles)

Raphaël VENTRE (Directeur Services Mobilité Routière – VINCI Autoroutes)

*(D'autres à confirmer...)*

### **PROGRAMME PREVISIONNEL**

#### **Semaine 1**

##### *Lundi 16/11*

- Introduction générale et contexte
- Rappels d'électrochimie
- Introduction aux batteries
- Introduction aux piles à combustible
- Introduction à l'électrolyse

##### *Mardi 17/11*

- Véhicules à batterie : enjeux et perspectives
- Véhicules à hydrogène : enjeux et perspectives
- Systèmes de propulsion des véhicules
- Architecture électrique des véhicules à hydrogène

##### *Mercredi 18/11*

- Structures de recharge électrique et hydrogène
- Mobilité longue distance : enjeux et obstacles
- Mobilité électrique : impacts sur le système électrique

##### *Jeudi 19/11*

- Visite du site de Fontaine (38) de SYMBIO

##### *Vendredi 20/11*

- Arrivée à Sophia-Antipolis, visite du Laboratoire Pile à Combustible

### **Semaines 2 et 3**

Travail sur les mini-projets.

### **DETAILS PRATIQUES POUR LES ELEVES / CONTACT(S)**

Les trois premiers jours se dérouleront à Paris, sur le site de l'École. Le quatrième jour, nous prendrons le train vers Grenoble pour la visite du site de SYMBIO à Fontaine. De là, nous rejoindrons Sophia-Antipolis, où vous serez logés dans une résidence étudiante reliée au site de l'École par une ligne de bus régulière. Vous serez logés en appartement de 2 à 4 personnes, draps et serviettes seront fournies, et les appartements sont équipés d'une cuisine.

### **Contact**

pedro.affonso\_nobrega@mines-paristech.fr  
robin.girard@mines-paristech.fr