

FLASH N°20 – Novembre 2010

Réagissez à ces articles sur le forum de www.centrale-energies.fr,
rubriques : « Transports » et « Energies renouvelables »

La voiture électrique au salon de Paris 2010

Par Aurélien DERAGNE (ECLY 98)

Le salon de Paris 2010 semble être celui du véhicule électrique. D'abord parce que la plupart des prototypes présentés roulent à l'électrique (Citroën Survolt, Seat Ibe, etc...), mais aussi parce que la commercialisation des premiers modèles est imminente (à partir de novembre 2010 pour le trio Peugeot iOn, Citroën C-Zero et Mitsubishi i-Miev). Pour autant, les véhicules électriques sont-ils techniquement et économiquement pertinents et quel avenir peut-on leur prédire ?

Les transports représentent environ 15% de nos émissions de gaz à effet de serre. Pour les réduire significativement, une forte baisse des émissions de CO2 par véhicule est attendue, particulièrement dans un contexte où le parc automobile s'accroît d'environ 50 millions de véhicules chaque année. En Europe, les émissions moyennes des véhicules vendus en 2009 étaient de 154g CO2/km. L'objectif réglementaire (et contraignant pour les constructeurs) est de 130g pour 2015 et de 95g pour 2020, l'Allemagne évoquant ensuite un point à seulement 35g en 2040. Pour arriver à de tels résultats, des technologies en rupture semblent nécessaires, à commencer par le véhicule électrique. Il n'émet aucun CO2 en roulant, mais il faut prendre en compte le CO2 émis pour produire l'électricité qu'il utilise. Avec le mix énergétique de l'électricité française (principalement nucléaire), un véhicule électrique émet l'équivalent de 12g de CO2/km selon Renault. On pourrait même imaginer encore mieux si on parvenait à utiliser de l'électricité éolienne ou photovoltaïque en la stockant directement dans les batteries du véhicule.

On voit donc que le véhicule électrique présente un intérêt certain au niveau collectif. Mais en 2010 il présente encore malheureusement beaucoup d'inconvénients individuels : un prix élevé, une autonomie faible, et un temps de recharge long, inconvénients qui n'ont que très peu été réduits depuis un siècle que la voiture électrique existe.

Avec la technologie actuelle au Li-Ion, qui a pourtant fortement progressé par rapport aux batteries au plomb ou même au Ni-Mh, le coût et le poids des batteries sont les suivants en ordre de grandeur : pour environ 500€/kWh et 100Wh/kg, une batterie de 20kWh (capacité pour 150km d'autonomie) coûte 10.000€ et pèse 200kg. En comparaison, 40 kg de gazole donnent plus de 1000 km d'autonomie...

Prenons l'exemple de la Renault Fluence, qui devrait être la première Renault électrique commercialisée (*photo ci-contre*). Fluence ZE (95ch) sera commercialisée en 2011 à environ 21 300€ (déduction faite de 5 000€ de bonus écologique en France), soit



un prix équivalent au modèle thermique comparable, Fluence dCi 85ch à 20 150€. Mais l'acheteur ne sera pas propriétaire des batteries, celles-ci lui seront louées à partir de 79€ par mois (pour 10 000 km/an, sur 36 mois), soit un montant psychologiquement proche du prix d'un plein de carburant. En ordre de grandeur, le véhicule électrique devient rentable pour l'utilisateur à partir de 20 000 km/an, comme illustré dans le tableau ci-dessous. Sachant que le kilométrage moyen est en France d'environ 12 500 km/an, on arrive donc au paradoxe que le véhicule électrique n'est pertinent que pour les "gros rouleurs", tandis que son autonomie limitée le réserve aux petits déplacements...

Comparaison coût d'usage Fluence ZE / dCi en fonction du kilométrage mensuel						
	kms annuels	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000
	kms mensuels	833	1 250	1 667	2 083	2 500
dCi 85	coût diesel	55,00 €	82,50 €	110,00 €	137,50 €	165,00 €
ZE	Loc. batterie	79,00 €	79,00 €	79,00 €	79,00 €	79,00 €
	Coût électricité	11,46 €	17,19 €	22,92 €	28,65 €	34,38 €
	Coût total	90,46 €	96,19 €	101,92 €	107,65 €	113,38 €
	Autonomie ZE (km)	160			Prix gazole (par litre)	1,20 €
	Capacité batterie (kWh)	22			Conso. Fluence dCi 85 (l/100km)	5,5
	Prix électricité (par kWh)	0,10 €				
	Prix recharge	2,20 €			(comp. sans tenir compte des valeurs de revente)	

Concernant l'autonomie, on annonce environ 150 km pour la plupart des véhicules présentés. C'est déjà peu, mais les premiers essais réalisés par des journalistes montrent que malheureusement l'autonomie réelle est inférieure de presque 50% ! En utilisant quelques accessoires à l'intérieur du véhicule (climatisation/chauffage, radio, phares, vitres, arrêts/redémarrages...), l'autonomie généralement constatée est d'environ 60 à 100 km.

Alors qu'un arrêt en station service ne dure que quelques minutes, le temps de recharge électrique est généralement de 6 à 8h sur prise domestique : nous devons donc changer nos habitudes ! Des systèmes d'échange rapide de batterie (QuickDrop de Renault) ou de recharge rapide (15 à 30 minutes) seront proposés (sauf sur Fluence ou Kangoo en 2011), mais PSA et Renault n'ont pas su se mettre d'accord sur le format de prises utilisées. De plus les bornes de recharge publiques sont en nombre encore très limité en France (quelques dizaines, et uniquement dans quelques grandes villes) et assez coûteuses à installer (environ 10.000€ pour une borne de recharge rapide hors coûts de raccordement et jusqu'à 60.000€ avec

les coûts de raccordement).

En résumé, le véhicule électrique comporte pour le moment trop d'inconvénients individuels pour croire à son développement massif et aux 20% des ventes qu'il représenterait en 2025 selon le gouvernement français. Mais, puisqu'une rupture technologique semble nécessaire à long terme pour atteindre nos objectifs collectifs de réduction des émissions de CO₂, de fortes incitations des pouvoirs publics devront être mises en place et conservées jusqu'à ce que la technologie et son coût s'améliorent significativement.

En parallèle, un avenir plus dégagé se dessine pour un autre type de véhicule présentant moins d'inconvénients : les hybrides "plug-in", rechargeables et capables de rouler 20 ou 30 km en électrique (mais 80% des trajets que nous réalisons en voiture sont d'une longueur inférieure à 20 km), moins coûteux qu'un véhicule électrique car disposant de moins de batteries et libérant l'utilisateur de toute crainte de la panne sèche. Le tableau ci-dessous compare les caractéristiques et prix de quelques modèles hybrides déjà ou bientôt disponibles, d'un hybride plug-in et de la Fluence ZE.

Tableau non exhaustif des véhicules hybrides en France

Véhicule	Type de véhicule	Date de commercialisation	Puissance (ch)	Autonomie électrique (km)	Autonomie totale (km)	Emissions de CO ₂ (g/km)	Prix (à partir de), hors aide de l'état
TOYOTA Prius III	Hybride Essence	déjà commercialisée	136	< 5	1 200	89	26 500
HONDA Insight	Hybride Essence	déjà commercialisée	102	0	900	101	21 250
BMW X6 ActiveHybrid	Hybride Essence	déjà commercialisée	485	< 5	900	231	113 900
LEXUS RX450h	Hybride Essence	déjà commercialisée	300	< 5	1 100	148	56 200
3008 Hybrid4	Hybride Diesel	mi 2011	200	< 5	1 200 ?	99	env. 34 000€
TOYOTA Prius III Plug-In	Hybride Essence Plug-In	2012	136 ?	25	1 200 ?	< 60	?
RENAULT Fluence	Electrique	2011	95	160	160	0	26 300

Pour en savoir plus : Site internet Renault électriques : <http://www.renault-ze.com>

Site internet de la commission européenne : http://ec.europa.eu/clima/policies/vehicules/index_en.htm

BREVES : LES ENERGIES RENOUVELABLES

par Alain ARGENSON (ECN 62) et Gilles FONTANAUD (ECM 78)

André Copin, membre de l'Association des anciens élèves de l'Ecole Centrale de Nantes, et membre du groupe des retraités d'EDF, IRENE, a lu pour vous dans la Presse. Nous en faisons ici une brève synthèse sur le thème des énergies renouvelables

LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

La filière photovoltaïque en France

-Dix fois plus de solaire en deux ans

Pour favoriser la promotion des énergies renouvelables, la France a adopté après l'Allemagne un système de prix fixé pour les particuliers et les entreprises qui se dotent d'installations ad hoc. Le courant produit par des panneaux solaires est racheté par EDF à des prix trois à six fois le prix moyen du kWh (0.10) selon la catégorie de l'installation (sol ou toiture). Les contrats conclus avec EDF s'étalent sur vingt ans.

Les conditions de rachat ont permis le décollage de la filière et la création d'emplois (23000 selon le SER).

Au 31 décembre 2008 la puissance installée était de 69 MWc (dont 48 MWc en métropole) et au 31 décembre 2009 elle était de 269 MWc (dont 200MWc en métropole) Au 30 septembre 2010 la puissance installée atteignait 614 MWc en métropole.

L'objectif du Grenelle de l'environnement est 5 400 MWc en 2020 ce qui représentera environ 3% de la puissance électrique installée et 5 TWh soit environ 1% de la production.

-Baisse des prix de rachat en septembre, la deuxième de l'année

Les prix de rachat de l'électricité produite par les panneaux solaires ont été revus à la baisse dès le 12 janvier dernier.

Un groupe de quatre inspecteurs généraux des finances, mené par Jean-Michel Charpin, a été missionné pour identifier les mécanismes et acteurs ayant conduit à la flambée des installations en 2009 et évaluer la pertinence des mesures prises par le gouvernement et faire des propositions sur la régulation du secteur. Le rapport a inspiré le réajustement tarifaire applicable au 1er septembre. Il se montre peu encourageant pour la filière. L'électricité photovoltaïque y est décrite comme « la plus coûteuse des sources d'électricité renouvelables en l'état de la technologie » (nota: il en était de même au début de l'électro-nucléaire). OUI elle est encore coûteuse en Europe du Nord c'est pourquoi il faut développer la recherche pour augmenter les rendements des cellules et faire baisser les coûts. Elle représente en France, note le rapport, en raison de son coût de revient et de son manque de maturité, « un enjeu énergétique limité » (voir précédemment). En raison des spécificités françaises (coût faible de l'électricité, taux d'ensoleillement moyen), les opportunités industrielles se situent au niveau mondial, insiste le rapport (selon Energies renouvelables). Les Inspecteurs Généraux ne savent pas que les opportunités industrielles se bâtissent sur un programme conséquent comme celui de l'Allemagne (51 000 MWh en 2020) et non pas sur un programme limité.

ENERGIE ÉOLIENNE

Australie

Le constructeur danois d'éoliennes Vestas, numéro un mondial du secteur, vient de remporter en Australie une commande de 140 éoliennes de 420 MW, pour équiper « le plus grand projet éolien de l'hémisphère sud » (énergie renouvelable-Energie éolienne).

France

- L'offshore

Alors que l'état doit lancer prochainement un appel à projets pour l'implantation de champs éoliens offshore, appuyé d'une liste de sites favorables, les acteurs des agglomérations nazairienne et havraise préparent activement la mise en place d'une filière de recherche, de production, d'assemblage et d'installation sur leur territoire (Le Monde).

Il y aurait « une dizaine » de « zones propices » pour implanter des éoliennes en mer au large de la métropole. Les appels d'offres devraient être lancés pour les 3.000 premiers MW produits par 600 éoliennes pouvant atteindre 150m de haut (selon Le Télégramme - Éolien marin).

- Le terrestre

Si la planification de l'éolien en mer intervient sur une feuille quasiment blanche (aucune éolienne offshore implantée à ce jour mais deux projets avancés), l'éolien terrestre est déjà bel et bien implanté en France (4966 MW au 30/09/10 en métropole). On est très loin des 19 GW prévus pour 2020 par l'arrêté de programmation pluriannuelle des investissements énergétiques du 15 décembre 2006.

Les deux nouveaux instruments de planification de l'éolien terrestre, le schéma régional climat air énergie

et son annexe, le schéma régional éolien, vont désormais s'imposer avec les outils déjà existants, comme les zones de développement de l'éolien (ZDFE) et les plan locaux d'urbanisme (PLU) et retarder encore plus l'installation d'éoliennes. La procédure ICPE vient ajouter une difficulté supplémentaire qui peut même arrêter leur installation.

D'ici l'été 2011 le préfet de région et le président du conseil régional doivent avoir élaboré ces schémas, après consultation des collectivités territoriales concernées et des parties prenantes (mais pas le public qui ne donnera pas son avis). Ces schémas identifieront le potentiel en énergie renouvelable des régions et fixeront des objectifs précis, tandis que le schéma régional définira les zones propices au développement de l'éolien (selon actu-Environnement).

Grande Bretagne

Vattenfall inaugure la plus grosse ferme éolienne marine. Le 23 septembre, Vattenfall a inauguré officiellement sa ferme offshore de Thanet, au large des côtes du Kent (sud-est de l'Angleterre). L'évènement est d'importance, car en mettant en service 100 turbines Vestas V90, de 3 mégawatts unitaire, le groupe public suédois met en exploitation le plus important parc éolien offshore du monde. Lancé en 2008, le projet a nécessité un investissement de 900 millions de livres (1.058 millions d'euros) et il permettra d'alimenter 240.000 foyers en électrons. Désormais, le Royaume-Uni aligne une capacité éolienne offshore de 1.341 MW. A terre, la puissance des turbines atteint actuellement 3.715 MW. Au total, les moulins à vent fournissent 4% de l'électricité britannique (journal de l'environnement).

HYDROLIENNES

Dans le cadre de son plan Climat, la mairie de Paris a lancé cet été un appel à projets portant sur l'expérimentation d'hydroliennes (sortes d'« éoliennes » sous-marines conçues pour utiliser l'énergie des courants) dans la Seine. Lancée conjointement avec les Voies Navigables de France, l'opération concerne quatre sites correspondants à de célèbres ponts parisiens : Garigliano, Tournelle, Marie et Change. Si les puissances de ces futures installations seront a priori modestes, les élus parisiens misent d'abord sur la dimension pédagogique et publicitaire de l'opération (Le Parisien).

HOULOMÉTRIE

Le projet SEM-REV (Système d'Expérimentation en Mer pour la Récupération de l'Energie des Vagues) est un système expérimental de récupération de l'énergie générée par la houle. Mené par l'Ecole Centrale de Nantes, le projet accueillera 8 ingénieurs et techniciens sur le site qui va être construit au Croisic cet automne. En mer, le prototype est une large bouée aux dimensions d'un chalutier (25 mètres de long sur 15 mètres de large qui devrait produire entre 500 et 1.000kW. « Un kilomètre carré de mer équipé de telles machines devrait permettre d'alimenter en électricité 7.000 à 8.000 foyers, hors chauffage » a précisé le chef du projet (selon Energies renouvelables).

TRANSPORTS - ENVIRONNEMENT

Train à Grande Vitesse : le Bilan Carbone et ses limites

Par Guy MOREAU (ECLy 69)

Le premier bilan carbone® ferroviaire est celui de la LGV Rhin-Rhône branche Est première phase, 148 km entre Dijon et Mulhouse actuellement en construction et devant être mis en service en décembre 2011. Cette étude, publiée fin 2009, inclut l'ensemble de la durée de vie du système de transport (conception, construction, exploitation) et prends en compte un périmètre large (infrastructures, gares, matériel roulant).

Ce bilan montre que sur l'ensemble du cycle de vie de 30 ans de la LGV Rhin-Rhône environ 2 millions de tonnes équivalent CO₂ (TeC) auront été générées, le poste d'émissions de carbone prépondérant étant, juste après le Génie Civil, l'énergie de traction. Sur un cycle de 30 ans en moyenne 1,2 million de personnes devraient être détournées annuellement de la route et de l'air ce qui devrait permettre d'éviter l'émission de près de 4 millions de tonnes équivalent CO₂. En conséquence, 12 ans après sa mise en service, la LGV Rhin-Rhône devient « carbone positive », les émissions évitées par les reports modaux étant supérieures aux émissions générées par la conception, la construction et l'exploitation-maintenance de la ligne. Cette étude confirme également qu'il ne faut pas négliger la partie amont (conception, réalisation) qui dans ce cas représente plus de 60% des émissions totales.

Une étude récente de l'Union Internationale des Chemins de fer - UIC - a par ailleurs listé les 3 principaux paramètres à regarder pour cerner l'impact carbone du rail en Europe : le mix énergétique du pays, la fréquence du trafic et la construction de tunnels et de ponts. Selon les cas, d'après l'UIC, la part des infrastructures dans l'empreinte carbone d'une ligne peut ainsi varier de 31 % à 85 %.

Précisons aussi que le mix de production électrique qui a servi au calcul est celui de la France, dont 95% de l'électricité vient du nucléaire et des énergies renouvelables. Plus précisément l'intensité carbone du kWh intégrée dans le calcul part de 80g par kWh en 2007, décroît à 60g en 2020 puis à 50g en 2050. Une telle étude n'est donc valable que pour la France car l'intensité carbone du réseau électrique européen est de près de 400g de CO₂ par kWh allant, par exemple, de 17g de CO₂ par kWh pour la Suède à 610g pour

l'Allemagne, loin devant la Chine 870g/kWh.

Cette étude faite pour la LGVRR a aussi permis de fixer quelques ordres de grandeur des émissions générées pouvant être utilisés dans d'autres projets ferroviaires : la construction d'un tunnel monotube « coûte » environ 20.200 TeC par km, la construction et l'aménagement des voies 730 TeC par km, la construction des rames 7 TeC par tonne.

Mais si l'on se place dans la même optique que les suédois pour leur projet de ligne à grande vitesse Götaland, il aurait mieux valu acheter des droits à émission sur le marché du carbone au lieu de construire cette LGVRR !

En août 2009 le Ministère des Finances suédois a demandé à l'Institut de Recherche sur les Transports (VTI) d'étudier si un train à grande vitesse entre Stockholm et Göteborg est un moyen efficace pour réduire les émissions de CO₂.

Les conclusions du rapport sont négatives ! Le report de l'avion et de la voiture vers le train ne serait pas suffisant pour avoir des économies significatives : elles seraient de l'ordre de 150.000 TeC par an. Or le coût de la ligne, annualisé sur 40 ans, serait de 810 millions SEK (78 millions €) par an. Pour un même montant il serait possible d'acheter des droits d'émission (environ 14,5 €/T) pour 5.400.000T !

En appliquant à la LGVRR le même raisonnement, pour cet investissement de plus de 1,7 milliard d'euros il aurait été possible d'acheter 117 millions de TeC, pratiquement 60 fois ce qui va être économisé en 30 ans !

Mais il ne faut pas oublier que ces bilans carbone pour la route et l'avion ne tiennent compte ni des infrastructures, ni de la construction des véhicules, voitures ou avions, car ils existent déjà. De plus ils tiennent compte des améliorations sensibles prévues pour les émissions de CO₂ de ces véhicules ; les émissions passant pour les avions de 301g CO₂/passager/km en 2009 à 150g en 2040 et pour la voiture de 66g en 2007 à 33,7g en 2050.

Le marché du carbone, et donc le prix de la TeC, n'est qu'un élément d'aide à la prise de décisions et devrait être réservé au choix entre plusieurs projets nouveaux.

Dates à retenir

par **Christiane DREVET (ECN 65)**

15 décembre 10
12 ou 13 Janvier 11
9 ou 10 Février 11

Le marché du carbone, ASIEM, 6, RUE Albert de Lapparent, 75007 Paris
Matériaux pour batteries et traitement de fin de vie de ces dernières, ASIEM
Nucléaire : le point sur génération IV et ITER, ASIEM

Le mode d'inscription est précisé sur l'invitation, insérée au site www.centrale-energie.fr, six semaines avant chacune des conférences

Au sommaire du prochain numéro (janvier 2011)

Situation énergétique du Danemark - Marché du carbone - Brèves - Dates à retenir
Comité de rédaction : Gilles Fontanaud, Emmanuel Meneut et Christiane Drevet