



HAL
open science

TOYOTA SMART MELIT. Smart Mobility and Energy Life In Toyota City. Projet SMARTMOB

Bruno Faivre d’Arcier, Yveline Lecler, Benoît Granier, Nicolas Leprêtre

► **To cite this version:**

Bruno Faivre d’Arcier, Yveline Lecler, Benoît Granier, Nicolas Leprêtre. TOYOTA SMART MELIT. Smart Mobility and Energy Life In Toyota City. Projet SMARTMOB. [Rapport de recherche] Laboratoire Aménagement Economie Transports – LAET (UMR 5593); Institut d’Asie Orientale – IAO (UMR 5062). 2016, pp.36. halshs-01382800

HAL Id: halshs-01382800

<https://shs.hal.science/halshs-01382800v1>

Submitted on 17 Oct 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



LABORATOIRE
AMÉNAGEMENT
ÉCONOMIE
TRANSPORTS

TRANSPORT
URBAN PLANNING
ECONOMICS
LABORATORY



INSTITUT D'ASIE ORIENTALE
东亚学院 / 東アジア研究所
Lyons Institute of East Asian Studies

Crise, évolution des modes de vie, mobilité et politiques de transport

Des éco-quartiers aux « *smart cities* » : quel rôle pour l'électro-mobilité ?
Une comparaison France-Japon - Projet SMARTMOB

TOYOTA SMART MELIT

Smart Mobility and Energy Life In Toyota City



Monographie

Recherche financée par l'ADEME dans le cadre du GO6 du PREDIT 4, proposée par :
Le Laboratoire Aménagement Economie Transports – LAET (UMR 5593)
L'Institut d'Asie Orientale – IAO (UMR 5062)

Lyon, janvier 2016

Bruno Faivre d'Arcier, Laboratoire Aménagement Economie Transports
Yveline Lecler, Institut d'Asie Orientale
Benoît Granier, Institut d'Asie Orientale
Nicolas Leprêtre, Institut d'Asie Orientale

Sommaire

1. Présentation du site	3
2. Conditions d'émergence du projet	3
3. Les éléments constitutifs du projet de smart community.....	6
4. La gouvernance de Smart Melit	12
5. Les incitations au changement de comportement et le Demande/Réponse.....	15
6. Les mesures dans le domaine des transports et de la mobilité	21

Ce document fait partie d'un ensemble de cinq monographies portant sur les smart communities de Keihanna, Kitakyushu, Toyota, Yokohama au Japon et Lyon Confluence en France. Il vient en complément du rapport « Des éco-quartiers aux « smart cities » : quel rôle pour l'électro-mobilité ? Une comparaison France – Japon », réalisé dans le cadre du projet SMARTMOB par le LAET et l'IAO, en réponse à l'appel d'offre du GO6 du PREDIT IV (financement ADEME).

Liste des sigles

Sigle	Signification	Commentaires
BEMS	<i>Building Energy Management System</i>	Système de gestion de l'énergie d'un bâtiment (bureaux, commerces...)
CEMS	<i>Community Energy Management System</i>	Système de gestion de l'énergie de la communauté (ville, quartier)
CPP	<i>Critical Peak Pricing</i>	Sur-tarification en période de pointe, pour limiter la consommation
D/R	Demande / Réponse	
EDMS	<i>Energy Data Management System</i>	Nom donné à Toyota city pour le CEMS
EMC	<i>Eco-Model City Project</i>	Programme national pour des villes modèles durables
FCV	<i>Fuel Cell Vehicle</i>	Véhicule à hydrogène (pile à combustible)
FEMS	<i>Factory Energy Management System</i>	Système de gestion de l'énergie d'une usine
FIT	<i>Feed-In Tariff</i>	Prix de rachat des énergies renouvelables par les compagnies d'électricité, fixé par l'Etat
FY	<i>Fiscal Year</i>	Au Japon, l'année fiscale commence le 1er avril et se finit le 31 mars
HEMS	Home Energy Management System	Système de gestion de l'énergie d'une maison (logement individuel)
ITS	Intelligent Transport System	Système de transport intelligent
METI	Ministry of Economics, Trade and Industry	
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure and Tourism	
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	Agence gouvernementale japonaise (similaire à l'ADEME)
NGV	Next Generation Vehicle	Dénomination japonaise, couvrant les véhicules "propres", y compris les diesels propres
NMC	New Mobility Concept	Nom donné à la version Nissan de la Twizy
NTIC	Technologies de l'Information et de la Communication	
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Véhicule hybride rechargeable
PV	Panneaux Photovoltaïques	
SRS	Smart Recharge System	Système intelligent de recharge des véhicules électriques
TMC	Toyota Motor Corporation	
V2G	Vehicle-to-Grid	Dispositif permettant à la batterie d'un véhicule électrique de fournir de l'électricité au réseau
V2H	Vehicle-to-Home	Dispositif permettant à la batterie d'un véhicule électrique de fournir de l'électricité au logement
V2X	Vehicle-to-X (something)	Dispositif permettant à la batterie d'un véhicule électrique de restituer de l'électricité à x
VE	Véhicule électrique	Fait en général référence aux véhicules à batterie

Toyota Smart Melit

1. Présentation du site

La ville de Toyota se situe à 30 km de Nagoya, dans la préfecture d'Aichi. Suite aux vagues de fusion de communes de 2005 et 2011, elle totalise 422 830 habitants (avril 2012), et surtout s'étend sur un vaste territoire de 918 km². Ayant intégré des bourgs relativement ruraux, plus que l'augmentation de la population, c'est l'accroissement de la superficie et l'intégration de zones agricoles qui est significative. La ville est en effet aujourd'hui composée à 70% de terres agricoles et de forêts, ce qui lui confère une faible densité résidentielle.

La ville dont le nom était alors Koromo a prospéré de l'ère Meiji à Taisho (1868-1926) par la production de soie. Mais avec le déclin de cette industrie, et le redéploiement de l'entreprise familiale Toyota métiers à tisser dans l'industrie automobile, ce qui donna ultérieurement naissance à Toyota Motor Corporation (TMC), la ville connut une deuxième période de développement. Pour marquer cette nouvelle dynamique, la ville a changé de nom en 1959 prenant celui du constructeur automobile. En 1998, elle est devenue une « core city », statut lui conférant une plus grande autonomie administrative.



Figure 1 : Localisation de la ville de Toyota

Source : Google maps

Bastion historique et toujours lieu de localisation du siège, du centre technique et de diverses usines du constructeur automobile Toyota Motor, le développement de la ville est fortement influencé par cette quasi hégémonie. La ville est en effet connue comme étant la « ville de l'automobile » : plus de 85% des emplois industriels sont directement ou indirectement liés à ce secteur. Du fait de son large territoire et de sa faible densité, mais aussi du poids majeur de TMC dans la ville, l'usage de l'automobile y est très élevé et le transport avec près de 17% constitue le 2^{ème} poste d'émissions de CO₂.

2. Conditions d'émergence du projet

Dès 2008, la ville de Toyota élabore un plan d'action pour devenir une ville modèle environnementale présentant ce plan dénommé « Toyota Ville Hybride » comme combinant les hommes, les technologies et l'environnement (Ville de Toyota, 2009)¹. Il permettra à la ville d'être retenue comme EMC (Eco Model City) par le cabinet en Janvier 2009. Parmi les actions qui figurent dans ce plan, on trouve déjà un certain nombre d'éléments qui seront repris dans la smart community :

¹ Une nouvelle version de ce plan, capitalisant sur les acquis a été élaboré pour la période 2014-2018 (FY) – Ville de Toyota, 2014

- la promotion de l'énergie solaire pour les ménages et les PME avec des objectifs en termes de puissance de panneaux installés ;
- les économies d'énergie par la diffusion d'équipements électroménagers eco-friendly, la construction de bâtiments haute qualité environnementale, le développement d'infrastructure publiques, la visualisation de la consommation énergétique et un système d'éco-points comme mesures incitatives ;
- La diffusion des véhicules nouvelle génération, le développement de nouvelles mobilités pour éviter les voitures au centre-ville ; service de vélos partagés, bus à la demande, service de navigation (ITS), développement d'une carte unique de transport (IC card)...
- La création d'un quartier modèle de la société bas-carbone qui deviendra ultérieurement Ecoful Town (voir ci-après), rassemblant en un lieu central et permettant de tester par soi-même toutes les technologies et les nouveaux modes de vie².

Ainsi, lors de la mise en œuvre du projet de smart community, diverses actions qui apparaissent dans le master plan ont déjà été mises en œuvre ou testées. Comme dans le cas de Yokohama ou Kitakyushu, le chevauchement temporel des programmes entraîne un chevauchement des expérimentations. Il est de ce fait difficile d'isoler ce qui a réellement été réalisé dans un cadre ou dans l'autre. Il est assez probable d'ailleurs qu'une partie au moins des expérimentations communes aient été lancées (ou simplement étudiées) dans le cadre d'EMC puis poursuivies (ou réellement mises en œuvre) dans le cadre de la smart community³.

A l'initiative du projet de Smart Community, on trouve d'abord des entreprises, plus précisément Toyota Motor (TMC) et Denso. S'il existe bien naturellement des objectifs communs entre la ville de Toyota et TMC, qui ont permis le montage du projet (toute candidature devait être portée par une collectivité locale), la municipalité ne semble pas avoir eu un rôle déterminant dans la phase de réponse à l'appel d'offre. Elle a bien sûr participé aux discussions lors de l'élaboration du projet comme chaque acteur impliqué et a en outre délégué une personne à plein temps et 10 autres à temps partiel pour sa conception⁴. Comme dans plusieurs autres smart communities, la nécessité de réduire les émissions de CO₂ tout en améliorant la qualité de vie des habitants revient constamment dans le discours de la ville. Cet argument est présenté comme la condition indispensable pour obtenir la coopération des habitants. Selon la vidéo visionnée lors de la visite à la mairie, il est d'ailleurs même plutôt question de « *lifestyle of efficient energy usage* »⁵. Mais si la ville de Toyota a bien été présente dans cette phase de réponse à l'appel d'offre, il paraît évident que le poids de TMC dans la ville confère à l'entreprise un statut particulier qui se retrouve dans les orientations du projet.

C'est donc principalement TMC suivie par les diverses entreprises du groupe Toyota qui ont porté l'ensemble, même si bien sûr d'autres entreprises ont également été impliquées comme notamment Dream Incubator (DI), entreprise de conseil siégeant à Tokyo qui a été associée en tant que consultant afin de rendre la candidature conforme aux attentes du METI, jouant donc un rôle conséquent dans cette phase d'élaboration du projet.

Ce portage du projet par un constructeur automobile⁶ explique sans doute pourquoi la vision stratégique diffère quelque peu de celle des autres smart communities. TMC revendique en effet de mettre l'accent sur les ménages et sur la réduction des émissions de CO₂, à partir de deux orientations principales :

² Présenté en japonais comme « lieu d'incubation des modes de vie ».

³ Rappelons qu'EMC était davantage une labellisation conférant une « image » positive mais procurant peu de moyens financiers tandis que le programme de smart communities du METI apportait des financements conséquents aux entreprises.

⁴ Entretien Ville de Toyota, 19-03-2014

⁵ Entretien Ville de Toyota, 23-07-2013. La vidéo décrit une journée de la vie d'une smart famille qui montre bien que le but est d'être toujours connecté au réseau (via l'EDMS), mais de ne pas lui demander d'énergie dans la mesure du possible.

⁶ TMC explique sa prise de leadership dans le projet de la façon suivante : L'énergie est en train de devenir un enjeu crucial pour les ménages, comme pour les transports (et notamment l'automobile) qui représentent une part importante de la consommation, TMC

- Le développement d'une « mobilité de nouvelle génération », en lien avec la stratégie générale du groupe (reprise par le MLIT) : 1) le véhicule électrique pour les petites distances (autour du nouveau concept de micro-mobilité : très petit véhicule et auto-partage) ; 2) les hybrides rechargeables (PHEV) pour les déplacements urbains et régionaux ; 3) les véhicules à hydrogène pour les déplacements à longue distance et le transport de marchandises ;
- L'étude du changement de comportement des ménages pour réduire les émissions de CO₂ via des incitations à adopter des comportements « ecofriendly » et la maximisation de la part des énergies renouvelables (ENR) dans leur consommation domestique.

Ainsi, les grands objectifs annoncés du projet sont de favoriser le développement des véhicules de nouvelle génération (4 000 véhicules) et de faire progresser les énergies renouvelables (part de 61.2%) dans les zones d'expérimentation. Comparé au niveau de 2005, les émissions de CO₂ doivent diminuer de 30% à l'horizon 2025 (baisse de 20% dans le résidentiel – mais de 70% pour les smart houses – et de 40% dans le transport).

Rien d'étonnant donc à ce que la mobilité soit au cœur du projet de Toyota et beaucoup plus développée que dans les autres smart communities. Il était peut-être moins évident que bien plus qu'ailleurs, l'hypothèse fondamentale repose sur la nécessité incontournable de développer les énergies renouvelables afin qu'elles atteignent un prix moindre que celui proposé par les compagnies d'électricité. Ainsi, à plusieurs reprises, les responsables de TMC rencontrés ont insisté sur le fait que le Feed-In Tariff n'était qu'une disposition temporaire, et qu'il fallait inciter les ménages à « produire localement et consommer localement » une électricité générée de source renouvelable. Cela se retrouve dans plusieurs articles sur le Japan Smart City Portal, dans le discours de Toyota Motor⁷ et celui de Denso, qui parle « d'envisager le monde tel qu'il sera en 2020. » (JSCP, 2014-03-19). Ainsi, l'objectif ne serait pas de revendre l'électricité excédentaire générée par les PV, mais d'en maximiser la consommation localement⁸.

Ceci explique sans doute que dès la phase de préparation de la réponse à l'appel d'offre lors de laquelle TMC a consulté Chubu Electric Power Company (Chuden), une différence stratégique soit apparue entre ces deux protagonistes. Chuden a en effet immédiatement indiqué que, selon elle, la priorité devait être accordée à la sécurité du réseau, notamment face à l'introduction des énergies renouvelables. Cette divergence de vision n'a pas remis en cause la participation de Chuden à Smart Melit, mais a abouti à une certaine marginalisation de l'expérimentation menée par la compagnie générale d'électricité (voir ci-après).

Une fois le projet retenu et le master plan établi, c'est au total environ 35 acteurs dont 32 entreprises privées (près d'un tiers du groupe Toyota) qui participent au projet intitulé Smart Melit c'est-à-dire : *Smart Mobility & Energy Life in Toyota City* (figure 2). Notons qu'à Toyota, une compagnie ferroviaire fait partie du consortium, Meitetsu ou Nagoya Railways, compagnie privée desservant Nagoya mais aussi de nombreuses localités dans toute la région. Enfin, Central Nihon Expressway (plus connue au Japon sous le nom de NEXCO) participe également, la compagnie de gestion des autoroutes⁹ disposant d'un service d'information de l'état du trafic (JARTIC) à disposition des usagers pouvant être relié à Ha:Mo Navi (voir point 6).

Le coût total du projet est estimé à 22,7 milliards de yens (172 M€) (Entretien Ville de Toyota - 19-03-2014). Il est financé à hauteur de 3 milliards de yens (env. 22,6 M€) par le METI tandis que les entreprises financent sur leur budget R et D principalement divers développements, pouvant aboutir à des produits commercialisables. Par exemple TMC est financée pour le développement de l'EDMS mais pas pour les autres expérimentations menées.

souhaite s'adapter aux futurs besoins et contraintes, et expérimenter avant de commercialiser de nouveaux produits et services. (Entretien Ville de Toyota et TMC, 05-03-2013).

⁷ Entretien Ville de Toyota et TMC, 05-03-2013

⁸ TMC a indiqué avoir découragée la revente pour les ménages des smart houses expérimentales, même si un certain nombre d'entre eux n'en ont pas vraiment tenu compte, considérant qu'il y avait là un bon moyen de réduire la facture énergétique...

⁹ L'autoroute reliant Nagoya à Tokyo passe par Toyota et sert donc d'axe privilégié pour commuter entre les deux villes.

Catégorie d'acteur	Membres de « Toyota Smart Melit »
Organismes publics et semi-publics (3)	Ville de Toyota ; Préfecture d'Aichi ; TTRI*
Acteurs privés (32)	<u>Toyota Motor Corp. (TMC)</u> ; <u>DENSO</u> ; Dream Incubator ; Chubu Electric Power (Chuden) ; <u>Aisin</u> ; BMW Japan ; Central Nihon Expressway ; ENERES ; Fujitsu ; <u>Hino Motors</u> ; Hitachi ; Iwatani ; Japan Hewlett Packard ; KDDI ; Mitsubishi Corporation ; Nagoya Railways (Meitetsu) ; HySUT ; SEC ; Secom ; Sharp ; <u>Shinmei Industry</u> ; Sumitomo Electric ; Toho Gas ; Toshiba ; <u>Toyota Auto Body</u> ; <u>Toyota Home</u> ; <u>Toyota Industries</u> ; <u>Toyota Smile Life</u> ; <u>Toyota Tsusho</u> ; Yamaha Motors. ; Yamato Transport ; Yazaki
Acteurs académiques (1)	Université de Nagoya

N.B. Les entreprises soulignées font partie du groupe Toyota ; * Toyota Transportation Research Institute, fondation d'utilité publique de la ville de Toyota, spécialisée dans l'étude et évaluation des politiques de transports urbains à Toyota et en charge de la diffusion de l'information auprès des citoyens. TTRI a ajouté une dimension environnementale à ses activités depuis 2009, date du lancement du projet EMC.

Figure 2 : Liste des acteurs de la Smart City de Toyota par catégorie

3. Les éléments constitutifs du projet de smart community

Comme cela a été précisé dans le point précédent, l'orientation générale du projet Smart Melit vise à dessiner ce que pourrait être l'environnement résidentiel et les modes de vie dans une dizaine d'années, dans un contexte de développement des énergies renouvelables, en disposant de divers équipements pour économiser ou stocker l'énergie (gaz, biomasse, chaleur, électricité) et de toute sorte de formes alternatives de mobilité. Les projets peuvent être regroupés en trois volets : un volet « énergie », un volet « transport » et un volet « social » largement orienté information grand public (figure 3).

Le volet « énergie » s'appuie essentiellement sur deux équipements/technologies spécifiques : un système de gestion de l'énergie appelé ici EDMS (*Energy Data Management System*), développé par Toyota Motors (et d'autres compagnies) et des « smart houses » équipées de HEMS. Le projet teste par ailleurs toutes sortes d'équipements (*devices*) simples à utiliser par les ménages, même si, comme dans toutes les smart communities, un programme de demande/réponse et de simulation de tarification dynamique est mené. Les expérimentations de l'EDMS et des HEMS de Toyota (TMC, Denso, Toyota Home) portent sur deux quartiers : Higashiyama et Takahashi où 67 maisons intelligentes ont été spécialement construites. Ces maisons sont équipées de panneaux photovoltaïques, de pompes à chaleur, de batteries de stockages, et même de piles à combustible. Elles disposent de prise de recharge pour les VE et PHEV, et certaines de V2H.

S'y ajoute le déploiement de compteurs communicants par la compagnie générale d'électricité (Chuden) auprès de 160 foyers habitant dans des résidences préexistantes, en vue de mener – indépendamment – sa propre expérimentation de Demande/Réponse avec simulation de tarification dynamique.

Par contre, contrairement aux autres smart communities, le projet Smart Melit compte peu de BEMS et aucun FEMS n'est prévu, ce qui est surprenant, puisque les sites de TMC sont nombreux et auraient pu faire l'objet d'expérimentations. L'accent mis sur le résidentiel et les ménages explique sans doute cette absence.

Le volet transport est au contraire largement plus conséquent que dans les autres cas. Les actions en faveur d'une « mobilité bas carbone » sont en effet nombreuses, avec un axe d'incitations financières à l'achat de véhicules de nouvelle génération, l'installation de bornes de recharges sur des parkings (publics et privés, avec un système d'optimisation des recharges connecté à l'EDMS), le développement de nouveaux systèmes de transport (autopartage *one-way* avec des micro-véhicules électriques, vélos électriques en libre-service (Ha:Mo Ride), système d'information multimodale de type assistant mobilité (Ha:Mo Navi, information

multimodale)¹⁰, et enfin le test de véhicules à hydrogène (station de recharge, bus à hydrogène). Voir point 6 pour la description des actions dans ce domaine.

Le volet social du projet est comme ailleurs d'abord dédié aux incitations au changement de comportements. Il repose sur la fourniture d'une information sur la consommation d'énergie (visualisation et D/R) et des conseils aux ménages participant aux expérimentations, et sur un système d'éco-points récompensant les bonnes pratiques. Mais ce qui est remarquable dans le cas de Toyota est certainement la réalisation d'Ecoful Town dont le but est de sensibiliser l'ensemble de la population aux problématiques de demain.

Catégorie	Projet	Acteurs et technologies
EDMS	EDMS	EDMS : Toyota Motor, Fujitsu, ENERES, Chuden, Dream Incubator, Toshiba, Japan Hewlett Packard, Sumitomo Electric
Smart Meter	160 Smart Meters	Smart Meter : Chuden
BEMS	3 sites : -Seven Eleven -Toyota Consumers Cooperation Store -Ecoful Town Gestion de la recharge des VE	BEMS et PV : Toyota Tsusho BEMS et station de recharge : DENSO Gestion des données : SEC Batterie pour camion : Yamato Transport Autres équipements : pompe à chaleur, batterie de stockage
HEMS	67 Smart Houses	HEMS : Toyota Motor, DENSO Smart House : Toyota Home, Toyota Smile Life, DENSO PV, PCS, pompe à chaleur EcoCute, batterie lithium-ion : DENSO Air conditionné, TV, contrôleur d'énergie : Sharp Pile à combustible et système de gestion : Aisin, Toho Gas Application mobile, visualisation : KDDI Autres : Yazaki, Secom, BMW Japan, Mitsubishi Corporation
	V2H	V2H et NTIC : Toyota Motor, DENSO VE : Toyota Motor
Transport	Ha:Mo Ride (autopartage)	Ha:Mo Ride : Toyota Motor, Toyota Auto Body, Yamaha Motor, Toyota City 100 Coms : Toyota Motor, Toyota Auto Body 33 Stations
	4 I-road	I-roads : Toyota Motor
	Ha:Mo Navi (assistant de mobilité multimodal)	Ha:Mo Navi : Toyota Motor ; Hitachi Meitetsu; Central Nihon Expressway
	Bus hydrogène	Bus Fuel Cell : Toyota Motors, Hino Motors Station hydrogène : Toho Gas, Iwatani V2School en cas de désastre : Toyota Motor Autre : Research Association of Hydrogen Supply Utilization Technology (HySUT)
	PAS : 62 vélos partagés, 15 stations	Vélos avec assistance moteur : Yamaha Motors
Programmes sociaux	Etudes comportementales	Ville de Toyota, DI, Nagoya Railway, Université de Nagoya
	Education environnementale	Ville de Toyota, préfecture d'Aichi + Ecoful Town, TTRI
	Ecoful Town : vitrine (Japon/étranger)	Ville de Toyota, préfecture d'Aichi, Chuden, Toho Gas

Figure 3 : Projets et technologies de la Smart City de Toyota

¹⁰ Ha:Mo pour Harmonious Mobility.

Le volet Energie : EDMS, HEMS et BEMS pour l'autosuffisance énergétique

La réalisation de l'EDMS est bien sûr centrale, tant pour la connaissance des consommations d'énergie en temps réel, que pour développer les incitations et conseils pour économiser l'énergie et favoriser les énergies renouvelables. Il a été mis en service en 2013.

Comme expliqué dans le point précédent, deux expérimentations ont été menées simultanément et de manière relativement indépendante, l'une par TMC sur des maisons individuelles neuves équipées de HEMS, l'autre par la compagnie régionale d'électricité, Chuden, sur des résidences anciennes, équipées de compteurs communicants et de tablettes de visualisation (figure 4).

	Entreprise	Dispositifs sociotechniques
EDMS	Toyota Motor, Fujitsu, ENERES, Chuden, Dream Incubator, Toshiba, Japan Hewlett Packard, Sumitomo Electric	
67 HEMS Higashiyama-cho, Takahashi-cho	Toyota Motor, DENSO, Toyota Home, Toyota Smile Life, Sharp Aisin, Toho Gas KDDI Yazaki, Secom, BMW Japan, Mitsubishi Corporation	HEMS, Smart House, PV (3,2 kW), PCS, pompe à chaleur EcoCute (370 l), batterie lithium-ion (5 ou 10 kWh), Air conditionné, TV, contrôleur d'énergie, pile à combustible, application mobile, visualisation - Système d'éco-points, D/R
160 compteurs communicants dans du résidentiel existant	Chuden	D/R

Figure 4 : Expérimentations auprès des ménages connectés à l'EDMS à Toyota

La mise en vente des 67 smart houses des quartiers de Takahashi et Higashiyama a commencé en juin 2011 et les premiers occupants ont emménagé en septembre 2011. Ces maisons sont toutes équipées d'un HEMS (visualisation), qui a été connecté à l'EDMS dès décembre 2011 pour un premier groupe de résidents (second groupe en avril 2012), avec la mise en œuvre du système d'éco-points (usage du HEMS dès l'installation pour le premier groupe de résidents)¹¹.

D'après les entretiens réalisés avec Toyota Motor¹², il apparaît que les résidents n'ont pas vraiment acheté ces maisons pour des raisons environnementales, bien qu'ils puissent néanmoins y avoir été sensibles: la motivation principale serait en effet la bonne localisation (près des écoles, etc.), la qualité des maisons et le bel emplacement (terrains de 120 à 160 m² avec un parc au milieu, figure 5). Le prix de chaque maison inclut une partie du parc, si bien qu'il est relativement élevé (48 millions de yens, soit env. 360 000 €). L'ensemble des équipements nécessaires à l'expérimentation et le HEMS sont prêtés aux ménages pour 5 ans.

Le dispositif de visualisation du HEMS (DENSO) fournit l'information sur la consommation d'électricité (réseau, PV, batterie,...) mais également l'eau et le gaz, pour sensibiliser les ménages à l'ensemble de leur consommation d'énergie. Via le portail de l'EDMS, ces informations sont également accessibles par Internet sur ordinateur ou tablette (figure 6), ainsi que les éléments relatifs aux factures, les informations sur la météo, les conseils et incitations pour économiser l'énergie (classement, jeux,...) et bien sûr les requêtes de D/R. La connexion avec l'EDMS permet de faire remonter toutes les données sur la consommation de chaque ménage, ainsi que la production d'électricité par les PV. L'ensemble de ces équipements (PV + batterie de stockage + pompe à chaleur ou cogénération) permettrait de réduire de 50 % l'électricité achetée sur le réseau (JSCP, 2014-03-19).

¹¹ Entretien Ville de Toyota et TMC, 05-03-2013

¹² Entretien Ville de Toyota et TMC, 05-03-2013



Figure 5 : vue du quartier de Higashiyama

Source : photo prise par les auteurs

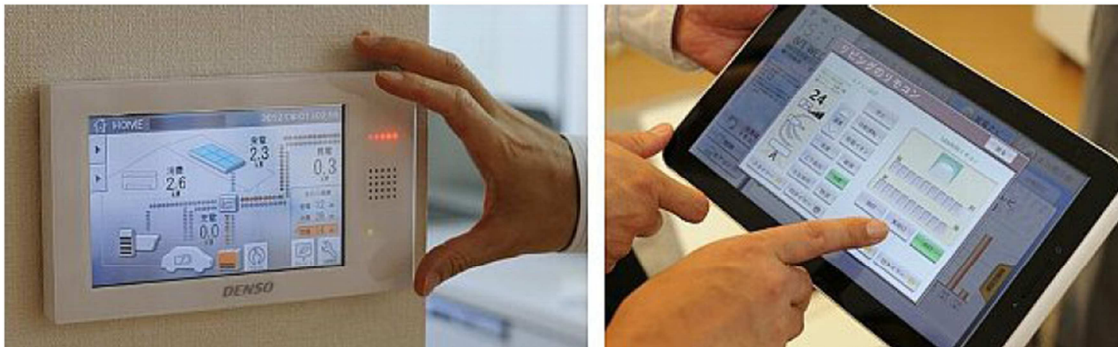


Figure 6 : Dispositifs de visualisation du HEMS et application sur tablette

Source : JSCP, 2012-10-10

Une expérimentation annexe a été réalisée dans une seule Smart House à la mi-janvier 2014 à Higashiyama : le disjoncteur a été coupé de façon à ce que l'alimentation en électricité depuis les compagnies d'électricité soit impossible. La Smart House de l'expérimentation est équipée d'une batterie de stockage de 10 kWh et d'une PHEV. Ainsi un employé de Denso est resté dans la maison pendant trois jours, simulant la vie d'une famille de trois personnes, et a pu tenir avec seulement l'énergie générée par les PV.

Du côté de Chuden (Entretien 19-03-2014), **l'expérimentation porte sur 160 ménages**. Le recrutement a été difficile car il s'agissant de logements anciens, il fallait que des compteurs intelligents aux propriétés similaires aux Smart Homes de Toyota (HEMS) puissent y être installés, ce qui limitait les possibilités. Cette compatibilité était indispensable pour qu'une comparaison puisse être faite. Autre difficulté du recrutement : la compagnie disposait de peu de temps pour recruter les volontaires, ce qui explique qu'il n'y a finalement eu que 160 ménages. Aucun critère de sélection n'a été fixé, les ménages qui étaient partant et habitaient un logement compatible ont été acceptés. Il en résulte que la plupart des 160 ménages sont plutôt localisés dans la périphérie de Toyota. Chuden n'a semble-t-il pas mené d'enquête afin de connaître les motivations des ménages ayant accepté l'expérimentation. Nos interlocuteurs pensent que le fait que la demande émane de grosses entreprises (Chuden et TMC) a certainement joué, surtout dans une ville où les habitants sont tous plus ou moins liés à l'entreprise TMC. Par ailleurs, le recrutement ayant débuté après Fukushima, il est probable que les arguments de stabilité et sécurité de l'approvisionnement ait aussi pris une importance plus centrale. Il n'a par contre à aucun moment été question d'environnement ou de changement climatique.

Les 160 ménages ont été divisés en deux groupes, l'un expérimentant le D/R l'autre non. Les 80 ménages du groupe avec D/R ont reçu gratuitement une tablette servant de terminal (figure 7) sur laquelle ils reçoivent les informations de leur consommation heure par heure sous forme de graphiques. Les alertes de D/R sont également envoyées sur ces tablettes, mais si les participants le demande, elles leur sont aussi envoyées par e-mail consultables donc sur ordinateur ou smartphone.

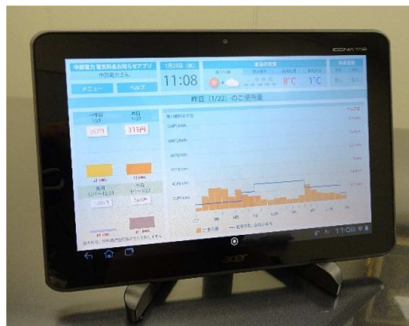


Figure 7 : Tablette servant de terminal pour le D/R de Chuden à Toyota

Source : JSCP 2013/02/25

Les quelques **vérifications de BEMS**, en fait trois bâtiments, sont d'une ampleur somme toute assez limitée et ne concernent aucun bâtiment résidentiel (figure 8).

Le premier est le « Pavillon » d'Ecoful Town, grand bâtiment qui a constitué la première pierre du quartier modèle de la société bas-carbone, prévu initialement dans le plan Hybrid City Toyota pour le programme EMC. Servant depuis son inauguration en mai 2012 de vitrine des expérimentations de Toyota city, il a depuis été complété par d'autres réalisations témoins distribuées sur l'ensemble du périmètre de ce quartier (plutôt maquette grandeur nature que véritable quartier, voir encadré1). Outre sa fonction de showroom, le pavillon fait donc également fonction de BEMS pour le démonstrateur de smart community. Le toit du pavillon est couvert de PV dont la production (20kW) fournit environ 40% (en 2013) des besoins du bâtiment mais peut également être stockée dans les 7 batteries placées aux abords de la station de recharge des VE (2 bornes pour VE ou PHEV) sur le côté du bâtiment.

BEMS	Entreprise	Caractéristique	Dispositifs sociotechniques
BEMS Seven Eleven, Toyota Coop	Toyota Tsusho, Denso, SEC (Systems Engineering & Consulting), Yamato Transport	Commerces et livraison de marchandises par camion réfrigérés	PV, chauffe-eau à pompe à chaleur, batteries de stockage Système de recharge des batteries des véhicules par induction Résultats : Magasin : 3,1 t de CO2 économisées par an (baisse de 30% de la consommation d'électricité) Véhicule de livraison : 2,6 t de CO2 économisées/véhicule/ an
BEMS pavillon de Ecoful Town	Ville de Toyota, préfecture d'Aichi, Chuden, Toho Gas, Iwatani	vitrine de la ville bas-carbone	PV, batteries de stockage, Station Hydrogène, station d'autopartage Résultats : PV : 40% de la consommation du bâtiment

Figure 8 : Expérimentations de BEMS à Toyota

Sources : JSCP, 2012-12-18 ; 2014-05-01

Les deux autres BEMS concernent deux sites de bâtiments commerciaux, un « convenient store » de Seven Eleven (magasin de proximité ouvert 24h/24), et une coopérative (magasin) de Toyota, équipés de PV, de pompe à chaleur et de batteries de stockage, visant à réduire la consommation électrique sur le réseau. Le site de Seven Eleven a également fait l'objet de tests de recharge des véhicules réfrigérés de livraison de

marchandises de Yamato Transport, via un système de recharge de la batterie du système de réfrigération du camion par induction (système connecté au BEMS du magasin).

Le volet social grand public : Ecoful Town

Initialement annoncé dans le premier plan Hybrid City Toyota (programme EMC), Ecoful Town est un espace entièrement dédié à l'information du public sur ce que sera la ville bas-carbone de demain (figure 9). Située à proximité du centre-ville et à quelques 10 minutes de marche de la gare centrale, Ecoful Town qui s'étend sur environ 1,5 ha, a été officiellement ouverte en mai 2012.

Le bâtiment principal, appelé Pavillon, qui sert de showroom comprend une première salle consacrée à la présentation des technologies et équipements mis en œuvre dans le cadre de Smart Melit (EDMS, HEMS,...). Au centre, un bus Oiden, réplique du bus intelligent qui à la demande dessert Ecoful Town¹³, sert de salle vidéo où de petits films montrent les divers aspects de la ville du futur (nature, énergie, mobilité...). Une deuxième salle est quant à elle consacrée à l'éducation environnementale (résultats de recherche de sciences naturelles et applications industrielles).

Le périmètre d'Ecoful Town accueille également une station de recharge d'hydrogène qui a été construite et testée à partir de mai 2013 pour la recharge des véhicules fuel cell, d'abord des bus dont une ligne fonctionne déjà, puis une berline Mirai de TMC commercialisée depuis janvier 2015. Elle est ouverte commercialement depuis le 31 mai 2015. Une station d'autopartage, Ha:Mo Ride et de vélos électriques en libre-service (PAS) est également présente sur le périmètre.

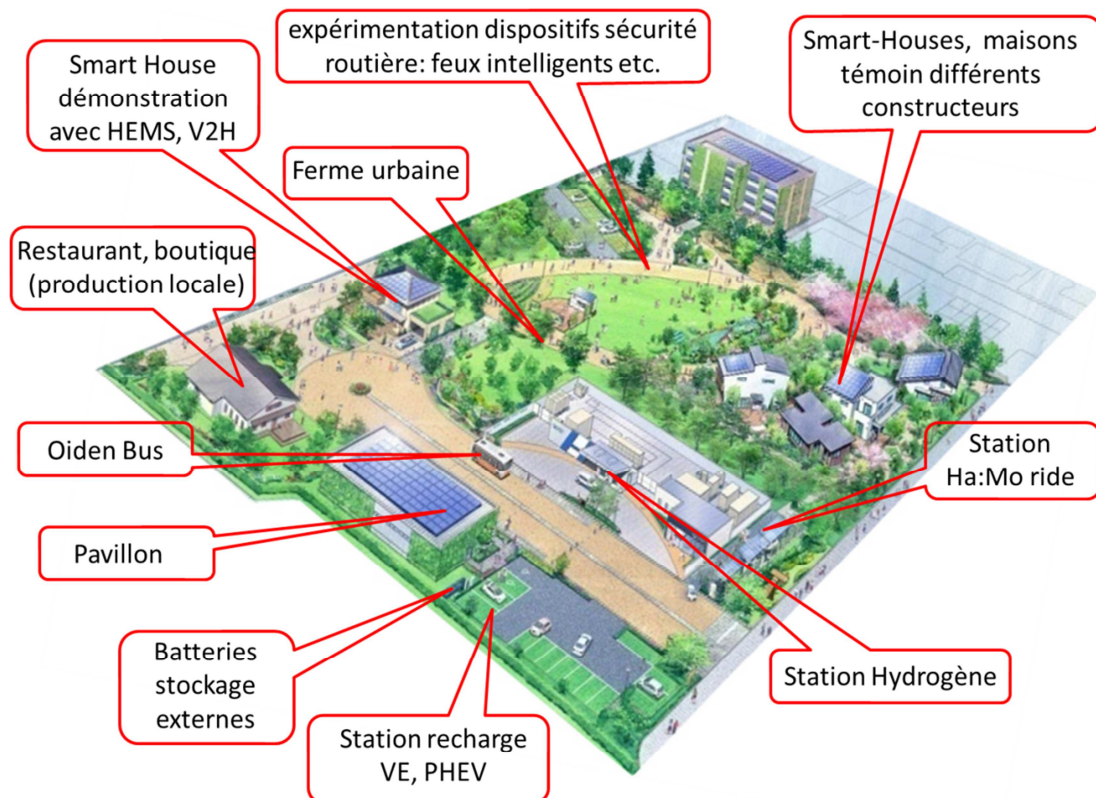


Figure 9 : Ecoful Town et ses diverses composantes

Source : composé à partir du site d'Ecoful Town (<http://toyota-ecofultown.com/english/>)

¹³ Un système de bus à la demande (Oiden Bus) a été développé dans le cadre de EMC qui prévoyait la promotion des transports collectifs afin de diminuer l'usage de l'automobile, le soutien aux véhicules de nouvelle génération et la mise en œuvre d'un système de navigation (ITS) et d'une IC card unifiée pour les transports.

Une smart house identique à celles des quartiers Takahashi et Higashiyama (Toyota Home) a été ajoutée pour servir de maison de démonstration, tandis que d'autres smart houses ont été construites par différentes sociétés, l'une d'entre elle servant de bar. Un petit bâtiment en bois (100% cèdre et cyprès japonais) construit près du Pavillon vise à promouvoir l'usage du bois des forêts de Toyota selon le slogan de Smart Melit « Locally Produced, Locally Consumed » (*chisan chishô*). Ce bâtiment abrite un restaurant où, toujours selon le même principe, la cuisine servie utilise des ingrédients locaux et une boutique dédiée aux produits du terroir. Une sorte de ferme urbaine expérimentale permet quant à elle de visualiser l'agriculture urbaine de demain. Tout ceci se situe dans un parc avec une allée circulaire délimitant une place qui permet la présentation de systèmes de transports intelligents (sécurité routière) où il est possible de tester Coms ou Wingleet (TMC) et où est également montré comment les parkings pourraient se transformer en îlots de fraîcheur.

Toutes sortes d'événements sont régulièrement organisés à et par Ecoful Town afin d'attirer la population et ainsi d'accroître leur conscience environnementale. Une enquête menée en 2012 avait révélé que moins de 40% de la population de Toyota avait alors conscience que la ville était engagée dans une démarche de politique environnementale depuis 2009 avec EMC notamment (Ito Hiroshi, 2014). A notre connaissance il n'existe pas de nouvelle enquête permettant de mesurer si Ecoful Town a eu un impact important sur ce plan. Ceci dit, cette vitrine sans commune mesure avec les showrooms des autres smart communities avait en mars 2013, soit un an après son ouverture, été visitée par 21 000 personnes dont 330 groupes. En août 2015 ce chiffre était passé à 160 000 personnes¹⁴.

4. La gouvernance de Smart Melit

Avec environ 35 acteurs dont 32 entreprises¹⁵ impliquées dans le projet à un titre ou un autre, l'organisation formelle de Smart Melit n'est pas très différente des autres quant à sa structuration générale.

L'organisation formelle de Smart Melit

La Présidence du projet est assurée officiellement par la municipalité tandis que TMC, chef de file du consortium d'entreprise et véritable leader de l'ensemble assure la vice-présidence. Un **Conseil de promotion** regroupe tous les participants avec toutefois une distinction entre membres réguliers (acteurs des expérimentations) et membres spéciaux (expertise, conseil, évaluation). Il se réunit au moins une fois par an notamment pour rendre compte du budget de l'année précédente.

La ville de Toyota et TMC se retrouvent dans le **secrétariat général** (conseil d'administration) qui inclut en outre la compagnie régionale d'électricité (Chuden), DENSO et Dream Incubator (DI). C'est ce secrétariat général qui avec son propre secrétariat composé de TMC et Toyota Tsusho Corporation (trading company du groupe Toyota) coordonne l'ensemble, en relation directe avec tous les groupes de travail, assurent la gestion administrative (*administrative office*) et le suivi de l'exécution du projet. Les décisions sont prises par ce secrétariat général dont les membres sont dits de « niveau égal ». Notons cependant que Chuden, bien qu'associé dès le lancement du projet (sans doute à la demande du METI) et partie prenante en tant que fournisseur d'électricité, paraît relativement en retrait. La compagnie d'électricité ne semble pas participer directement à l'élaboration de l'EDMS, ni à l'élaboration des incitations aux économies d'énergie et à l'optimisation des ressources renouvelables. La relative étanchéité entre les expérimentations de Demande/Réponse de Chuden et de TMC va d'ailleurs dans ce sens. Au début du projet, le secrétariat général se réunissait 2 fois par mois, moins souvent par la suite.

¹⁴ Tous les visiteurs ne sont cependant pas des habitants de Toyota, ni même uniquement japonais puisque quelques 90 nationalités sont représentées.

¹⁵ La liste des entreprises participantes fluctue de 29 à 33 selon les documents ou sites consultés. Il est d'ailleurs probable que ce nombre ait évolué en fonction du besoin de nouvelles compétences au fur et à mesure de l'avancement du projet ou au contraire du retrait de certaines une fois l'action achevée.

Cinq groupes de travail ont été formés. Quatre sont constitués autour de grands domaines de la vie urbaine, ce qui dans les faits recoupe en grande partie les technologies mises en œuvre, tandis qu'un 5^{ème} a pour mission d'étudier les potentialités d'un déploiement international des technologies/produits, ce qui constitue une originalité de Smart Melit¹⁶ (figure 10).

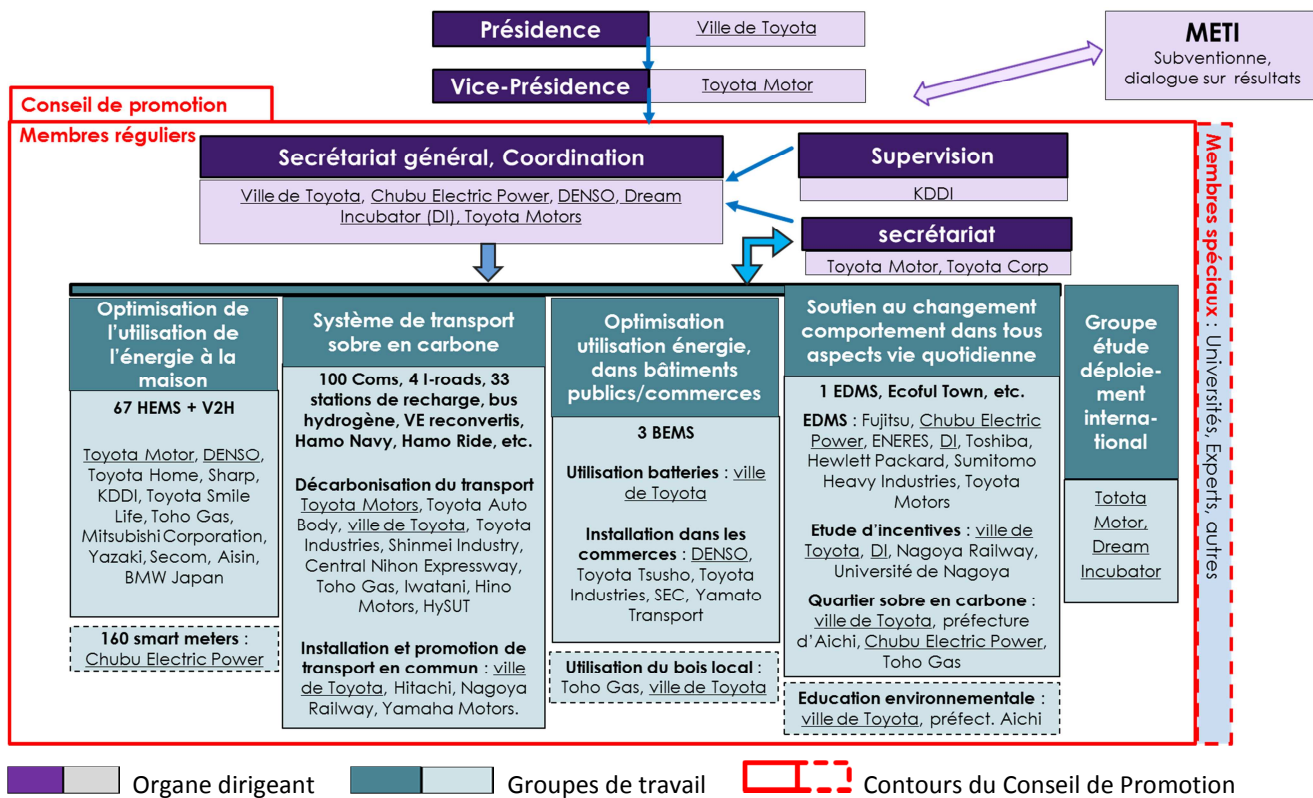


Figure 10 : Organisation de la smart community de Toyota et composition du Conseil de Promotion

Sources : Composé à partir de NEPC, sd, et JSCP home page : page présentation Toyota (en japonais seulement)

Les groupes de travail se réunissaient au début 1 à 2 fois par semaine, ensuite le rythme des réunions qui reste propre à chaque groupe a diminué, passant en principe à 1-2 fois par mois. Le nombre d'acteurs impliqués dans chaque groupe diffère, mais on notera qu'à l'exception du groupe de travail sur les BEMS, qui associe des fournisseurs d'équipements, tous les groupes sont dirigés par TMC ou une filiale, traduisant la mainmise du groupe sur l'ensemble du projet :

- Optimisation de l'usage de l'énergie au domicile (en charge des HEMS et du V2H) : 13 entreprises ;
- Système de transport bas carbone (Ha:Mo Ride, Ha:Mo Navi, vélos électriques) : 12 entreprises ;
- Optimisation de l'usage de l'énergie dans les bâtiments publics et commerciaux (BEMS, recharge des véhicules) : 6 entreprises ;

¹⁶ Cette volonté d'internationalisation est présente dans les 4 smart communities (Toshiba ou Mitsubishi par exemple sont impliquées dans les expérimentations du NEDO en Europe), mais elle n'est clairement affichée dans la structure même qu'à Kitakyushu dont la préfecture se veut porte-ouverte sur l'Asie (slogan largement relayé par la municipalité) et à Toyota où le rôle central de TMC laisse apparaître sa propre stratégie (expérimentation d'I-Road à Grenoble par exemple).

- Soutien aux changements de comportements dans tous les aspects de la vie quotidienne (développement de l'EDMS, incitations et D/R) : 10 entreprises (ainsi que des représentants de l'Université de Nagoya) ;
- Groupe d'étude du déploiement global : 2 entreprises (TMC et Dream Incubator).

Le rôle respectif des principaux acteurs

Comme cela apparaît clairement dans la structure formelle de Smart Melit, TMC est l'acteur central de l'ensemble du projet. Certes la ville de Toyota est également présente dans tous les niveaux de gouvernance, mais elle ne semble pas avoir de véritable rôle décisionnel. Dans une ville où le dynamisme économique et les emplois dépendent quasi exclusivement d'une entreprise et de ses filiales ou partenaires, il est évident que le rapport de force est clairement en faveur de celle-ci. Tout ce qui est bon pour TMC étant de fait bon pour la ville, il ne saurait y avoir de conflits¹⁷, les intérêts convergeant nécessairement.

Ceci dit, si **la municipalité** n'intervient pas réellement dans les choix qui sont fait, son rôle ne se limite pas pour autant à de la simple figuration. Elle a en effet mis à disposition du projet des moyens humains mais surtout des espaces tels que le terrain où se situe Ecoful Town. Elle joue donc d'abord un rôle de facilitateur à la demande de TMC ou des autres entreprises : choix des lieux d'expérimentation pour les 67 smart houses par exemple, aide à l'organisation de réunions etc. Elle assure également une fonction d'information dont bien sûr la pièce maîtresse est une fois encore Ecoful Town. Mais à la différence de Yokohama ou Kitakyushu, elle ne semble pas vraiment être au cœur des relations avec les volontaires participants aux expérimentations. Ceux-ci ont en effet été recrutés par les entreprises, plus exactement par TMC¹⁸ qui très certainement jouit d'un pouvoir d'influence dans la ville supérieur à celui de la municipalité et inspire suffisamment confiance pour que la caution municipale ne soit pas nécessaire. Par ailleurs, la ville n'effectue pas d'enquêtes que ce soit pour recueillir les avis des participants ou étudier les comportements comme c'est le cas ailleurs. Ces enquêtes sont elles aussi réalisées par les entreprises concernées. Il semble néanmoins que le Toyota Transport Research Institute (TTRI), Fondation d'utilité publique de la ville et membre de Smart Melit, fasse ce type d'analyse mais sur la dimension transport uniquement et sans se limiter aux réalisations de la smart community.

TMC est logiquement l'entreprise avec laquelle la ville a le plus de contacts. Les autres entreprises qui ont des relations fréquentes avec la ville sont DENSO, Chuden, Toyota Home et Toho Gas. Des échanges, bien que non programmés, auraient lieu plusieurs fois par semaine sans oublier les contacts par e-mail.

Comme indiqué précédemment, **la stratégie de TMC et du groupe Toyota** s'inscrit dans une vision particulière de la ville bas carbone et de l'évolution du produit automobile à long terme. TMC et le groupe Toyota considèrent que face à des changements technologiques ou sociétaux majeurs, il importe d'être présent, non pas pour investir dans des secteurs d'activités loin de son cœur de métier, mais pour en connaître les éléments majeurs, afin de mieux maîtriser les impacts que ces changements pourraient avoir sur sa propre activité. C'est sans doute la raison qui motive le groupe à s'investir autant dans un démonstrateur centré sur l'énergie : l'objectif n'est pas de se diversifier dans ce champ particulier, mais d'en acquérir une maîtrise suffisante afin de mieux s'y adapter. Précisions que la stratégie du groupe n'est pas de développer et vendre un « package Smart Community », mais bien grâce à l'expérimentation de concevoir des modules de services et technologies qui pourront être vendus séparément¹⁹.

A Toyota comme dans les autres smart communities, **les habitants** n'ont pas été associés au projet et ne sont pas représentés dans le démonstrateur. Quant aux universitaires et autres experts, bien que membres

¹⁷ Les seules difficultés dont les acteurs interrogés nous font part sont d'ordre technique : problèmes de mise au point des HEMS au début, difficulté d'installer ce genre de technologie dans des logements/quartiers déjà existants et problèmes concernant l'EDMS. Ces difficultés posent questions quant à l'élargissement de dispositifs à l'ensemble de la communauté (Entretien Ville de Toyota - 19-03-2014).

¹⁸ Même dans le cas de l'expérimentation indépendante de Chuden, le recrutement s'est fait avec TMC.

¹⁹ Entretien Ville de Toyota et TMC - 05-03-2013

spéciaux du Conseil de promotion, nos entretiens n'ont pas permis de savoir quel était leur rôle effectif. Il n'y a pas non plus d'ONG concernée par l'environnement. En fait, si l'on en croit la municipalité de Toyota, la population ne semble pas très sensibilisée à la question. En effet, en lien avec Eco Model City, les « policy makers » de la ville avaient déjà essayé de mobiliser autour de la réduction des émissions de CO₂ pour inciter la population à se soucier de l'environnement. Cette incitation morale n'ayant guère été efficace et la ville a alors choisi de miser sur les subventions et autres incitations économiques pour que les ménages consentent à s'équiper, mais cela n'a pas été beaucoup plus efficace. Avec l'accident nucléaire de Fukushima, une nouvelle stratégie s'est alors imposée, celle de garantir la sécurité et la tranquillité des habitants sur le plan de leur consommation d'électricité. En mettant en avant le maintien de la qualité de vie, il est devenu plus aisé de promouvoir de nouveaux équipements permettant de réaliser des économies d'énergie, sans effort (sans altérer le confort)²⁰. Cet argument permet d'élargir l'approche à une population plus large que les seuls ménages sensibles à l'environnement. Les volets économiques et écologiques n'ont pas été abandonnés pour autant, mais une nouvelle dimension s'y est ajoutée. Ainsi, la stratégie est de communiquer auprès de la population par de l'information (témoignages des habitants des smart houses), dans les journaux, dans des rapports, pour montrer qu'il est « confortable, sûr et amusant » d'avoir une smart house, équipée de technologies écologiques, etc²¹.

5. Les incitations au changement de comportement et le Demande/Réponse

Comme indiqué à de nombreuses reprises, l'objectif des smart houses équipées de HEMS et connectées à l'EDMS est d'inciter les résidents à une optimisation de l'utilisation des différentes sources d'énergie, de façon à minimiser leur recours au réseau électrique. Les arguments écologiques étant peu efficaces, les incitations concernent surtout les économies possibles et la qualité de vie. Pour faire participer les habitants, il est donc important de rendre ce changement de comportement facile, voire ludique (*fun*) (JSCP, 2012-10-23).

Outre les divers équipements de la maison (HEMS, PV, batterie de stockage, pompe à chaleur,...), un boîtier de visualisation connecté avec l'EDMS a été proposé, sous forme d'un « cadre photo électronique », ayant la particularité de voir son contour se colorer : celui-ci est bleu quand tout va bien, il passe au jaune lorsque la consommation d'électricité est forte, et en rouge lors de demande d'action envoyée par l'EDMS (figure 11).



Figure 11 : Cadre-photo assurant le connexion avec l'EDMS (photo auteur)

De même, la connexion à l'EDMS peut se faire par smartphone ou ordinateur, via le portail de l'EDMS. Par ce biais, le ménage reçoit des informations sur l'évolution de sa consommation (statistiques, graphiques), en complément du dispositif de visualisation du HEMS, qui fournit la consommation en temps réel. C'est grâce aux données accumulées par l'EDMS sur les conditions météorologiques, les prévisions de production des PV etc. (figure 12) que le ménage peut bénéficier des prévisions de consommation pour les jours à venir, en

²⁰ Entretien Ville de Toyota - 23-07-2013

²¹ Entretien Ville de Toyota - 23-07-2013

fonction de son historique propre. Ce dialogue via le Portail permet de transmettre au ménage des recommandations en matière d'économie d'énergie, mais aussi l'information sur son classement (*ranking*) par rapport aux autres ménages (anonymisés), sur les actions à entreprendre et le nombre d'éco-points qu'il peut gagner en les mettant en œuvre.

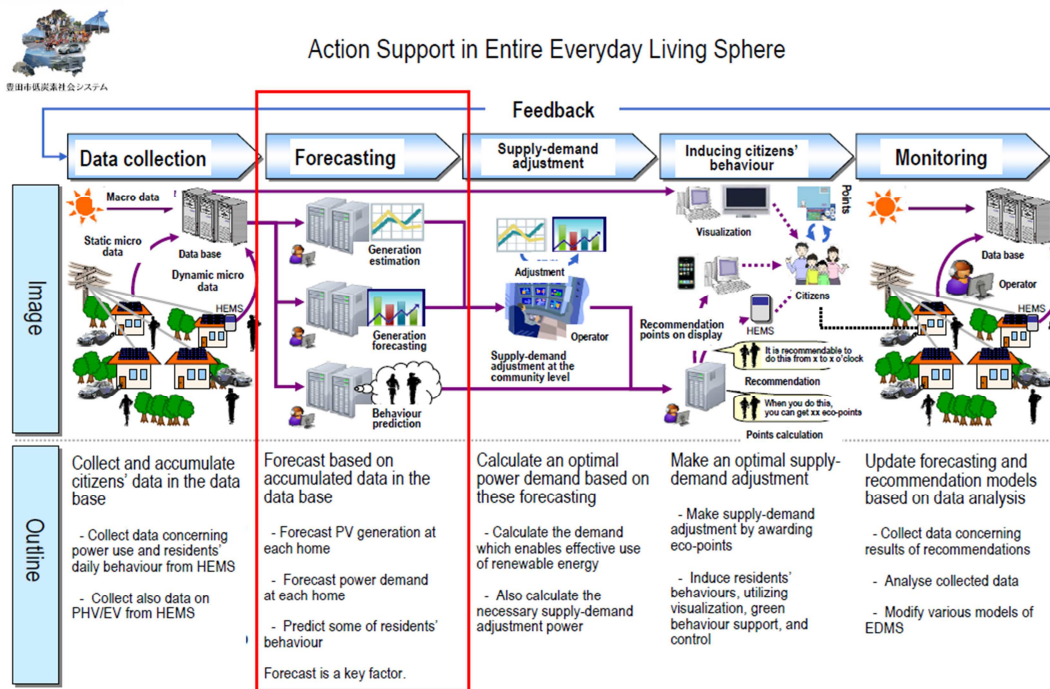


Figure 12 : le dispositif d'incitation à une utilisation optimale de l'énergie

Source : Ohta Toshihiko, 2011

Comme le montre la figure 13, il est ainsi possible de suivre l'utilisation de chaque source d'énergie (réseau, PV, batterie...) au cours de la journée. L'ensemble des données transmises par le HEMS à l'EDMS permet de constituer une base de données sur les comportements du ménage selon sa structure, et donc d'affiner progressivement la qualité des prévisions faites.

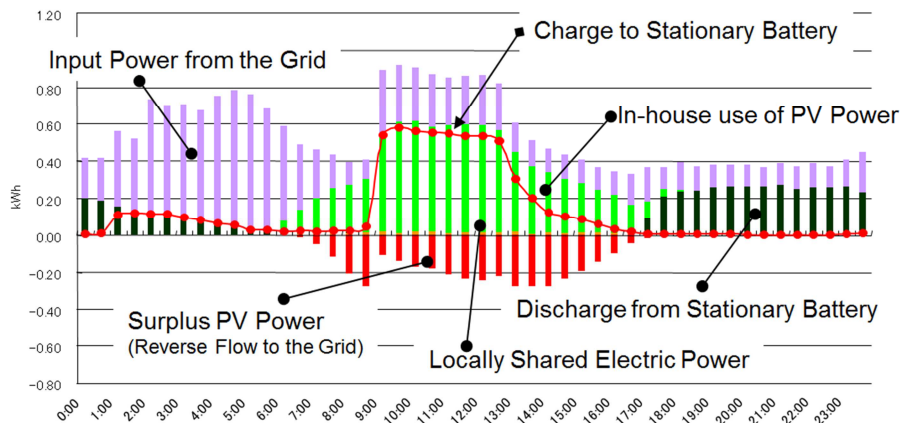


Figure 13 : Utilisation moyenne des sources d'électricité dans une smart house (avril 2012)

Source : Kawamoto, 2013

Ce système joue donc un rôle essentiel pour promouvoir le style de vie bas carbone, en incitant aux économies d'énergie (impact sur la facture) et en maximisant le recours aux énergies renouvelables. De même, il a servi de support pour mettre en œuvre les requêtes de Demande/Réponse, en simulant une tarification dynamique par l'attribution (en positif comme en négatif) d'éco-points. L'aspect ludique semble

avoir été apprécié des ménages, que ce soit grâce aux divers petits jeux promouvant les bons comportements, ou à travers un classement des conducteurs selon l'usage des voitures en termes de recharge, et les comportements d'éco-conduite (kilométrage parcouru pour 100 yens) (JSCP, 2014-03-20).

A partir de novembre 2014 un service de recommandations personnalisées à destination des ménages a été instauré (JSCP, 2015-03-06a). Basé sur l'observation de la consommation électrique de chaque logement et du véhicule hybride, il suggère des pistes pour économiser de l'énergie et pour choisir le meilleur moment pour les recharges du véhicule.

Le système, dénommé *Lifestyle Support Agent*, peut détecter automatiquement des irrégularités de consommation ou du gaspillage, et informer le ménage par exemple sous la forme :

« La semaine dernière (17-23 Novembre) votre ménage a consommé 43.8 kWh, soit plus qu'il ne l'avait fait pour une semaine semblable l'année dernière (37,6 kWh). Cela peut provenir de la météo, mais s'il vous plait, prenez-en conscience »

« La semaine dernière (24-30 Novembre), vous avez utilisé l'air conditionné (chauffage) de votre véhicule pendant 97% de votre temps de conduite. Utiliser le chauffage augmente la consommation. Vous pourriez faire passer l'air conditionné de la position automatique à la position manuelle, utiliser le chauffage des sièges ou modérer votre usage de l'air conditionné. »

Depuis novembre 2014, 37 des 67 ménages reçoivent ce genre de recommandations personnalisées, une fois par semaine ou par mois. Des messages encourageant les ménages à économiser l'énergie avaient déjà été envoyés précédemment à tous, mais ils n'étaient pas personnalisés. Pour le développement de ce système, Toyota s'est appuyé sur le modèle de comportement du consommateur dénommé AIDAS (Attention, Intérêt, Désir, Action, Satisfaction).

Les ménages peuvent répondre quant à leurs intentions d'actions. Par exemple, le message suivant :

« Votre ménage a consommé la semaine dernière, 8,6 kWh (valeur 278 ¥), soit plus que la consommation électrique moyenne d'un ménage de 2 personnes ou moins sur la région. Essayez d'économiser de l'électricité. Par exemple, éteignez les appareils que vous n'utilisez pas. Voulez-vous essayer ? ». Le résident peut alors appuyer sur 4 icônes pour répondre : « je vais m'en occuper », « Cela ne me contrarie pas », « j'ai un nombre différent de personnes dans la maison » ou « je n'ai pas besoin de cette information ».

Cette possibilité de réponse a pour objectif d'apprendre comment les ménages réagissent et quelle importance ils accordent aux recommandations, afin d'adapter ces dernières au style de vie du ménage. Des questionnaires annuels permettent de mettre à jour les caractéristiques de ceux-ci (comme le nombre de personnes résidentes) et de les utiliser pour les recommandations à venir.

Le taux de réponse aux recommandations a augmenté fortement, comparativement aux messages non personnalisés : 36,4% contre 16,6%, ce qui prouve l'efficacité du système de recommandations. Le taux de réponse le plus élevé est de 40,5% et concerne le message mensuel sur la réduction du coût de carburant (incitation à faire plus souvent des recharges du véhicule hybride pour réduire la consommation de carburant). Il est suivi par les recommandations pour économiser l'énergie et la comparaison avec les autres ménages (40,3%, message hebdomadaire).

Cette initiative pour mieux faire connaître l'activité de l'EDMS se développe dans 3 domaines :

- 1) Egaliser la consommation d'électricité au niveau du consommateur, en lien avec la capacité contractuelle, pour éviter une croissance de leur dépense d'électricité ;
- 2) Inciter à réduire la consommation d'essence des hybrides rechargeables, en développant les recharges (changement de carburant) ;
- 3) Maximiser l'efficacité de la production d'énergie solaire, pour que le surplus soit utilisé principalement pour la recharge des véhicules électriques et pour les chauffe-eau. Ceci permet d'éviter les flux inverses d'électricité sur le réseau.

Parmi les recommandations proposées, on trouve ainsi un message concernant les heures de recharge du véhicule électrique à privilégier, notamment la nuit (11h-2h ; bas tarif) ou la matinée (8h – 15h30 ; production solaire), avec indication du nombre d'éco-points qui sera attribué.

Si l'ensemble de ce dispositif d'incitation a eu un impact positif, il faut cependant noter que d'une année sur l'autre, l'attractivité du système et son aspect ludique ont sensiblement diminué (nombre de connexions au système), tout comme d'ailleurs les efforts faits par les ménages, en réponse aux requêtes de D/R.

Les requêtes de Demande/Réponse

Le contexte de la ville de Toyota est particulier, car deux expérimentations ont été conduites séparément :

- d'un côté, Toyota Motors associé à Denso a développé un programme d'incitations à la réduction de la consommation d'électricité en période de pointe, testé via un système d'éco-points sur les deux quartiers Smart Houses (67 au total), équipées d'un HEMS, de panneaux photovoltaïques, de batteries de stockage (5 kWh) et pour certaines de V2H, progressivement reliées à l'EDMS.
- De l'autre, la compagnie Chuden a mené sa propre expérimentation de requêtes de Demande/Réponses auprès de 160 logements existants. Ces deux expérimentations étant totalement dissociées, nous présenterons donc les deux cas successivement.

Le test d'une tarification dynamique mené par Toyota Motor et Denso

Des campagnes de simulation de tarification dynamique ont été conduites en 2012 et 2013, sous forme de requêtes de Demande/Réponse pour une réduction en période de pointe, en indiquant un nombre de points croissant (censé représenter la variation de prix). Le prix normal du kWh est de 21 yens pour la ville, et la simulation a permis de faire varier ce prix de 0 à 40 yens, pour inciter les ménages à des reports de consommation (*peak shift*) lorsque le tarif est plus faible. Les résidents sont prévenus de ces requêtes via un cadre photo numérique, dont le bord passe du bleu au rouge pour alerter sur la requête. Toutes les informations peuvent être consultées sur tablette ou ordinateur.

Un grand nombre de requêtes ont été réalisées, pour différents niveaux de CPP et différentes périodes horaires (13h-16h ou 19h-21h en été ; 9h-12h en hiver), en distinguant les maisons selon qu'elles soient ou non connectées à l'EDMS, ou encore qu'elles soient ou non équipées de batteries de stockage. Par exemple, sur la période 13h-16h, en juillet 2012, un test pour un CPP de 63 yens montre une réduction de consommation pouvant atteindre 40 % ; de même sur la période 19h-21h en septembre 2012, la réduction a atteint 30%. Malheureusement, les résultats globaux de toutes ces expérimentations ne semblent pas diffusables. Seule une synthèse présentée au colloque de septembre 2015 à Lyon montre (figure 14), comme pour les autres villes, une tendance à la baisse du niveau d'économies réalisées entre 2012 et 2013. En outre, selon le professeur Ida (Université de Kyoto), le faible nombre de ménages (67) et la diversité des configurations testées rendent très limitée la significativité des résultats.

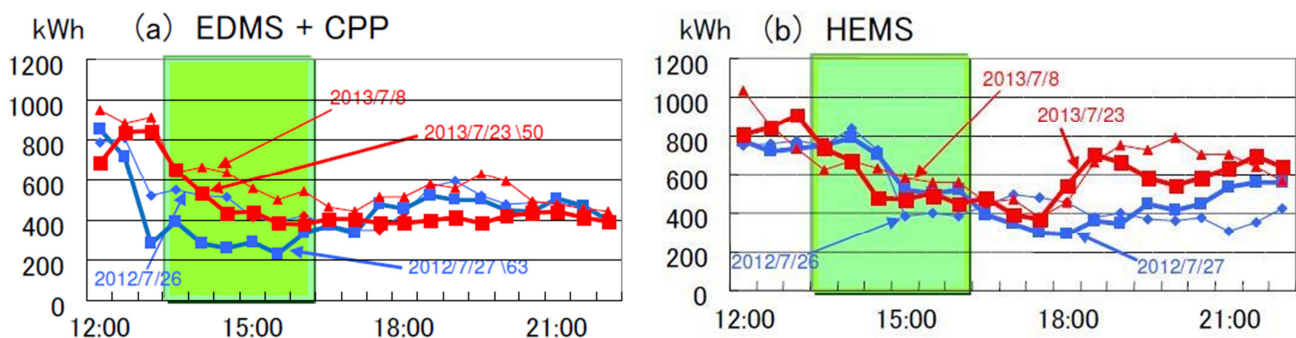


Figure 14 : Principaux résultats des tests de tarification dynamique à Toyota

Source : Péan S., 2015

La figure 14 montre les baisses de consommation en période de pointe pour différentes valeurs du CPP (50 et 63 yens) dans les maisons reliées à l'EDMS (a) et la comparaison avec les maisons non reliées (b). Il semble que l'effet du CPP baisse de 40% à 20%.

De même, les élasticités au prix sont toujours significatives en 2013, mais la dispersion des résultats augmente et la sensibilité au prix diminue, comme le montre la figure 15 :

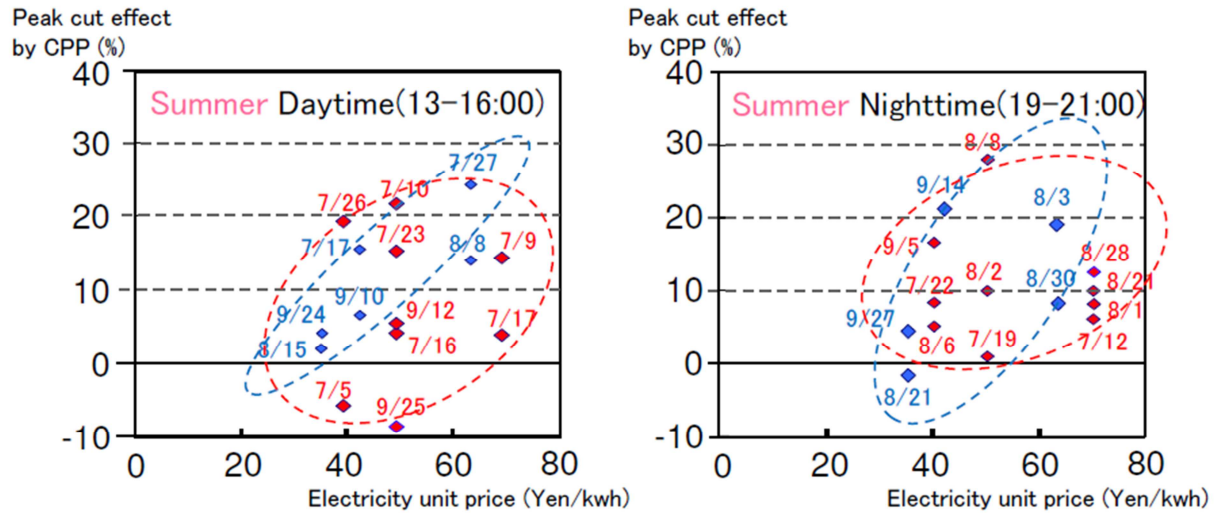


Figure 15 : Evolution de l'élasticité au prix entre 2012 (bleu) et 2013 (rouge)

Source : Péan S., 2015

Au-delà de ces résultats, l'un des faits marquants de l'expérimentation provient des incitations faites à utiliser localement l'énergie solaire (dans la perspective d'une disparition à terme du FIT), ainsi que les autres sources, de type pompe à chaleur, cogénération et pile à combustible. D'après nos interlocuteurs, une maison équipée de PV (6 kWh), de batteries de stockage (5 kWh) et d'une pompe à chaleur de 370 l, diminuerait sa consommation sur le réseau électrique général de plus de 50 %. Par ailleurs, la comparaison des émissions de CO₂ entre une maison classique, avec chaudière au gaz et véhicule thermique, et une Smart House, équipée de PV, d'une batterie de stockage et d'un véhicule hybride rechargeable, et connecté à l'EMDS, montre que la première émet 14,2 kg par jour et la seconde seulement 3,8 kg, soit une réduction de plus de 60 %.

Les requêtes de Demande/Réponse menées par Chuden

Les expérimentations de Demande/Réponses, pilotées par Chuden, ont démarré en janvier 2013 avec 160 ménages (dont 80 constituent le groupe de contrôle, non soumis aux requêtes). Les ménages se sont vus distribuer gratuitement des tablettes pour la diffusion des informations et notamment des requêtes (possible également par e-mail ou smartphone).

Deux types de contrats existent sur la ville de Toyota. Le premier contrat classique propose un tarif plat de l'ordre de 20 yens par kWh. Le second, dénommé *E-Life Plan*, est conçu spécifiquement pour les habitations fonctionnant totalement à l'électricité, et propose 2 niveaux de prix, l'un à bas tarif la nuit, le second plus élevé durant 3 périodes de la journée.

Les tests ont visé plusieurs niveaux de prix pendant la pointe (figure 16), le maximum étant de 110 yens, soit 5 fois supérieur au tarif du contrat classique, et 3,5 fois pour le *E-Life Plan*. Une des caractéristiques du cas de Toyota City est que la période de pointe en hiver se situe dans la matinée, quand les entreprises commencent toutes en même temps leur activité.

	2012	2013			
	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver
Niveaux de prix testés (yen/kWh)	50 – 70 – 90 – 110	80	50 – 80 – 110	80	50 – 80 – 110
			Requêtes demandant une réduction de consommation, sans modification du tarif (sans CPP)		
Nombre de requêtes	10	8	16 + 5 sans CPP	4 + 4 sans CPP	13 +4 sans CPP
Période horaire	9h – 12h	13h – 16h	13h – 16h	13h – 16h	9h – 12h

Figure 16 : Programme de requêtes de D/R mené par Chuden à Toyota City

Source : Chubu Electric Power Company, 2014

Durant l'hiver 2012, 10 requêtes ont eu lieu, suivies de 16 requêtes à l'été et 13 à l'hiver 2013, mais la compagnie d'électricité a aussi réalisé des requêtes pendant le printemps et l'automne (un seul niveau de prix : 80 yens), période où la consommation est plus basse puisque le recours à l'air conditionné est limité. De même quelques requêtes de D/R ont été faites sans application de CPP (simple incitation à la réduction de consommation).

Comme la mise en œuvre réelle d'une tarification dynamique n'est réglementairement pas possible, c'est un système de points qui assure la simulation. Les participants se sont vus remettre un capital de points (pouvant atteindre l'équivalent de 10 000 yens – env. 75€), qui sont décrétementés en fonction de la consommation et des tarifs en période de pointe, le capital restant en fin d'expérimentation pouvant être converti en monnaie réelle.

La figure 17 présente quelques copies d'écran montrant le dispositif d'information fourni aux ménages. Les écrans à fond bleu concernent une situation normale (pas de requête), et ceux à fond rouge concernent les jours avec requête.

Les résultats présentés par Chuden distinguent deux cas, les ménages équipés de panneaux photovoltaïques et ceux qui ne le sont pas. Voici les principaux enseignements que la compagnie d'électricité retire de cette expérimentation :

- **Pour les ménages non équipés de PV**, les requêtes de D/R (en été et en hiver) ont un impact significatif, puisque même sans variation de prix, la réduction de consommation atteint en moyenne 11% (visualisation + annonce des pointes). L'impact du CPP fait passer ce niveau de réduction à 12% pour un prix de 50 yens/kWh, à 14% pour 80 yens et à 16% pour 110 yens. Ceci montre une réactivité relativement modérée à la variation de prix ;
- **Pour les ménages équipés de PV**, aucun effet significatif des requêtes n'a réellement pu être mis en évidence. D'après nos interlocuteurs, la raison proviendrait de la stratégie de ces ménages, qui mettent en œuvre déjà quotidiennement des mesures d'économie de leur consommation, afin de maximiser la revente du surplus d'électricité solaire (effet pervers du *Feed-in Tariff*). Ils ne seraient alors pas en mesure de faire des économies supplémentaires lors des requêtes...
- **Au cours du temps**, il semble que l'effet des requêtes s'atténue. Ainsi, pour l'hiver 2012, la réduction moyenne observée est de 15%, puis à l'été 2013, de 11% et enfin à l'hiver 2013 de 10% seulement. Cette « lassitude » peut provenir de plusieurs raisons. D'abord, les efforts d'économie sont demandés lors des périodes de très forte température en été et de très faible température en hiver, ce qui peut générer un inconfort mal supporté par les ménages. En second lieu, ce désintérêt est perceptible au travers du nombre de consultations de leur tablette : 76% des ménages la consultaient presque chaque jour à l'hiver 2013, mais seulement 49% à l'hiver 2014. Enfin, l'effort demandé pour réaliser des économies les jours de requête serait perçu comme trop important au regard du faible impact sur la facture des ménages.



Note :

- En haut à gauche visualisation en jaune de la consommation prévue pour le 4 janvier, avec le tarif par période horaire (ligne bleue). Le cadran le plus à gauche rappelle la consommation des deux jours précédents (2 janvier : 19 kWh, soit 339 yens ; 3 janvier : 19 kWh, soit 343 yens), ainsi que la consommation en décembre (81 kWh, 1 385 yens) et celle depuis le début du mois de janvier (58 kWh, 1 000 yens).
- En haut à droite : annonce d'une requête de D/R pour le 5 janvier, montrant le prix de 110 yens/kWh sur la période de 9h à 12h
- En bas à gauche : rappel sur les 5 premiers jours de janvier, de la météo, des températures minimale et maximale, de la consommation du ménage, comparée à celle des autres ménages
- En bas à droite : prévisions météorologiques pour la semaine à venir

Figure 17 : Exemples des informations données aux ménages via leur tablette

Source : Chubu Electric Power Company, 2014

Précisons enfin qu'une enquête auprès des ménages a montré que la majeure partie des adaptations faites pour économiser de l'électricité a porté sur l'air conditionné ou sur l'éclairage de la maison, plus modérément sur la machine à laver, le lave-vaisselle ou la télévision. Ceci explique sans doute que la modification de l'air conditionné soit plus facile en été et en hiver que sur les autres saisons (où il ne fonctionne pas en général), mais cela se fait au prix d'un inconfort (remise en cause de la « *Quality of Life* »).

Parallèlement, Chuden a réalisé une enquête auprès de 2 000 ménages équipés de compteurs communicants (mais ne participant pas aux requêtes de D/R). Sur les 1 500 répondants, 47% déclarent une volonté de réduire leur consommation en période de pointe, même sans incitation financière, et que 90% le feraient pour un tarif de 100 yens/kWh.

6. Les mesures dans le domaine des transports et de la mobilité

La promotion des véhicules de nouvelle génération

Si l'on se réfère au Master Plan, l'objectif en matière de promotion des véhicules de nouvelle génération a été de 4 000 véhicules, essentiellement des hybrides rechargeables. Dans le cas de la ville de Toyota, où le leader du consortium est un constructeur automobile, on comprend aisément que les objectifs soient élevés en matière de nouveaux véhicules. Des subventions locales à l'achat de ces véhicules (maxi 150 000 yens,

soit 1 100 €) ont été proposées dans le cadre du projet de smart community, en complément des subventions nationales.

L'objectif de 4 000 véhicules de nouvelle génération n'a finalement pas été atteint, avec un peu plus de 3 000 véhicules. D'après les représentants de Toyota²², la raison de cette plus faible diffusion tient au manque de dispositifs de recharge, mais aussi aux difficultés d'en implanter dans les parkings des résidences existantes (condominium), même si la demande commence à émerger de la part des clients pour les nouvelles résidences). De plus, la gamme des modèles hybrides rechargeables est encore limitée et la Prius ne répond pas forcément aux attentes de tous les consommateurs.

Notons par ailleurs que Toyota Home construit des maisons individuelles (environ 400 par an sur le pays), dont la moitié sont des smart houses, à 80% équipées d'une prise de recharge pour véhicule électrique dès la construction. En effet l'investissement est moins coûteux à la construction (environ 10 000 ¥, soit 75 €) que lors d'une installation par la suite (100 000 ¥ – 755 €). Ainsi même si le ménage ne possède pas de véhicule rechargeable, c'est un avantage pour l'avenir.

La gestion des recharges

Comme dans les autres smart communities, l'objectif est de minimiser le besoin de puissance sur le réseau, en faisant appel à une production photovoltaïque ou à des batteries de stockage, et en procédant à des recharges variables des véhicules, en fonction de leur utilisation planifiée. La connexion à l'EDMS permet de réguler la demande d'énergie en lien avec la consommation de la communauté, notamment pour les périodes de pointe, et de pouvoir lancer des requêtes de D/R. Enfin, il s'agit d'encourager les automobilistes à recharger leurs véhicules hors pointe, par des recommandations ou des incitations (éco-points, tarification dynamique).

A Toyota, où 7 sites de recharge multiple ont été implantés, l'analyse a montré que les périodes de pointe différaient selon les usages dominants des conducteurs (trajets domicile-travail, trajets professionnels, trajets liés aux achats et loisirs). Chaque Système Intelligent de Recharge (SRS) gère un ensemble de 3 chargeurs normaux (200 V, 16 A) et permet une charge variable des véhicules, en fonction des caractéristiques des batteries et des usages des véhicules. Il a été montré sur un parc de 9 véhicules hybrides de la municipalité qu'il était possible d'étaler les recharges à moindre puissance, sans pénaliser l'usage des véhicules, et tout en satisfaisant à une requête de réduction en pointe de 60 A à 50 A. Le système dispose de batteries de stockage et est relié à l'EDMS.

Avec le développement du marché des véhicules de nouvelle génération, outre la recharge à domicile, il est jugé nécessaire d'offrir des lieux de recharge dans les centres commerciaux dans la journée. Une recharge simultanée peut cependant nécessiter de fortes puissances, qui ne sont pas contractuellement disponibles dans ces centres commerciaux. Cela peut être une source de surcoût.

Toyota a donc développé un Système de Recharge Intelligent (SRS - Smart Recharge System, (figure 18)), qui a été mis en œuvre en 4 phases de FY2011 à FY2014. La première a consisté à installer des stations de recharge multiple dans 7 sites au sein de la ville (2011). La phase 2 (2012) concerne l'installation de batteries de stockage connectées au SRS (Lithium-Ion) destinées à garantir une puissance suffisante en période de pointe pour diminuer la demande sur le réseau électrique.

La station située devant le bâtiment ouest de l'Hôtel de Ville comprend deux SRS, chacun contrôlant 3 chargeurs normaux (200 V, 16 A). En cas de recharge simultanée, le SRS ne se contente pas de répartir de manière égale l'électricité entre les véhicules, mais tient compte des types de batteries. Certaines doivent être rechargées en continu avec un niveau de courant fixe, d'autres acceptent une certaine fluctuation de la charge ou acceptent une suspension momentanée (figure 19).

²² Entretien du 21 janvier 2015

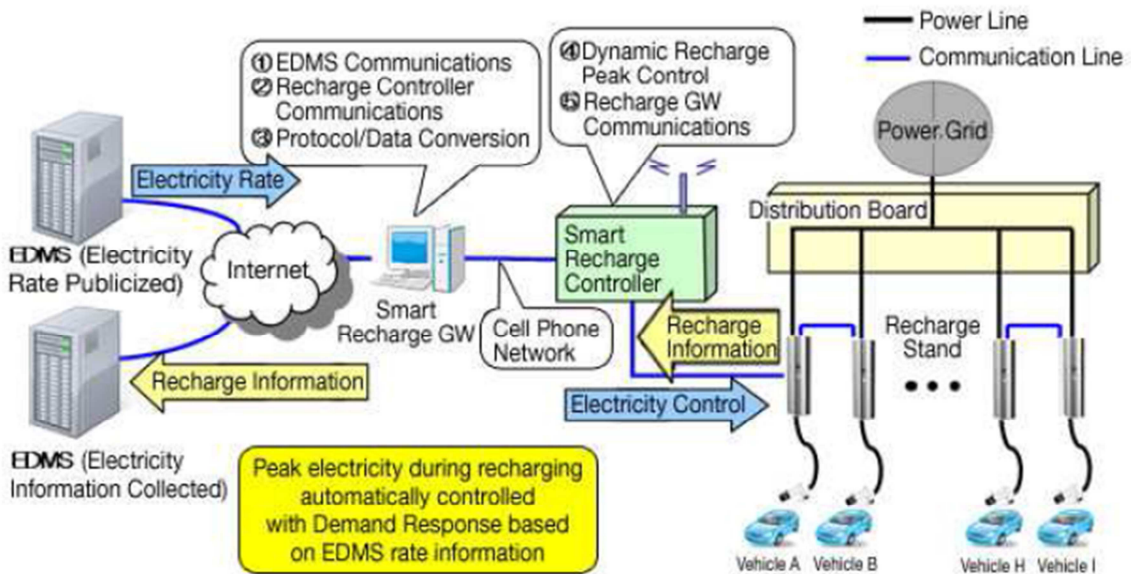


Figure 18 : Principes de gestion des stations de recharge

Source : JSCP, 2014-04-30

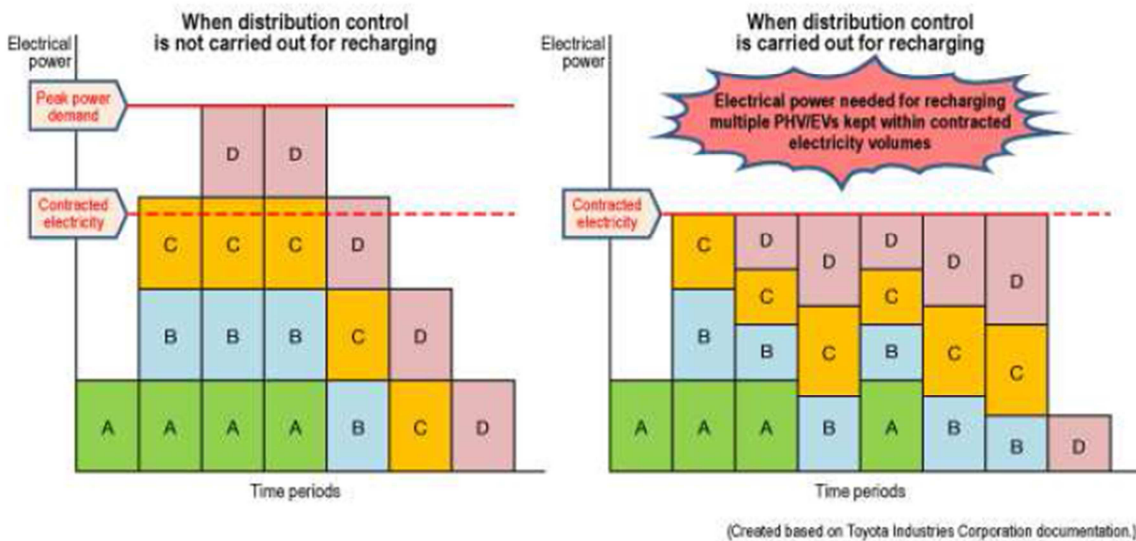


Figure 19 : Principe d'égalisation de la recharge par le Smart Recharge System

Source : JSCP, 2013-02-18

Les données d'usage des stations de recharge ont été recueillies pendant la phase 1 sur quatre sites équipés de 3 chargeurs : le parking de Toyota Motors à Sotoyama, la station située à l'est de la gare de Toyota City, le supermarché Megulia, et la station ouest de l'Hôtel de Ville. Il en est ressorti que la station de la gare de Toyota était la plus utilisée, avec 173 visites en Septembre 2012.

Il y a dans cette station deux périodes de pointe, entre 12h et 14h et entre 16h et 17h. Beaucoup d'utilisateurs font leur recharge quand ils vont faire leurs courses dans le grand magasin Matsuyama et les autres commerces proches de la gare, ce qui explique ces deux pointes, notamment quand les magasins font des promotions flash.

Dans le cas de la station de l'Hôtel de Ville, le nombre de professionnels est plus important, et les deux pointes se situent entre 12h et 14h et entre 17 et 18h, quand ils retournent à leur bureau. A Sotoyama, où

les usagers sont surtout des salariés, la pointe est entre 8h et 9h, tandis que pour le supermarché Megulia il n’y a pas vraiment de période de pointe. Ce sont donc les deux premiers sites qui ont été retenus pour la phase 2 (installation de batteries de stockage). La phase 3 (FY2013) consiste à établir le lien avec l’EDMS, avec l’idée de donner la priorité à l’utilisation de l’énergie renouvelable. La phase 4 (FY 2014) vise à tester le V2G.

L’EDMS affiche des tarifs virtuels, en fonction de l’offre et de la demande à l’échelle de la communauté, ce qui conduit à des demandes de baisse de consommation en période de pointe. Ainsi le niveau d’électricité fournit baisse de 60 A à 50 A pendant la période où le tarif virtuel est élevé. Cela conduit à ajuster le niveau de recharge des véhicules via le SRS, comme indiqué dans la figure 20, ci-dessous.

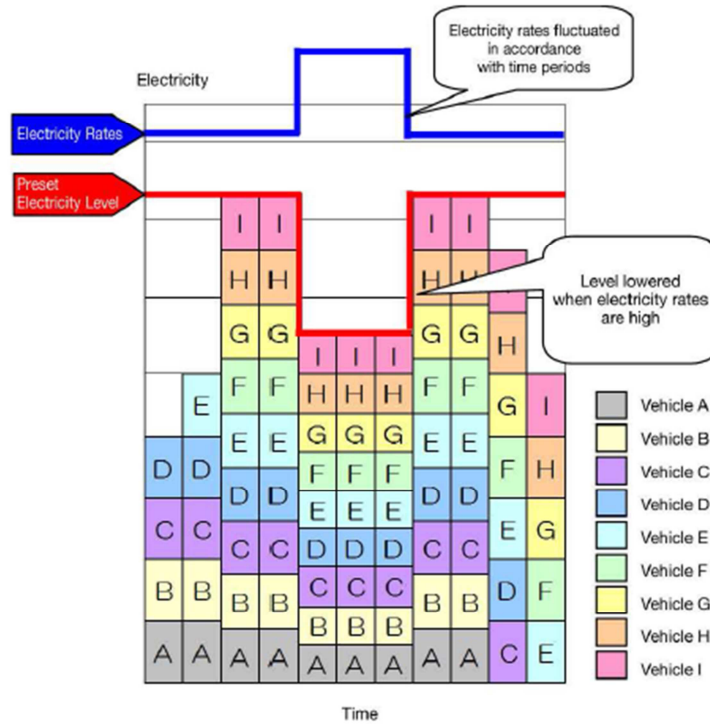


Figure 20 : Schéma d'adaptation de la recharge en période de requête de D/R

Source : JSCP, 2014-04-30

Les résultats montrent par exemple pour la journée du 9 Janvier 2014, qu’il y a une variation du volume de recharge entre 15h et 19h, avec une baisse de 16h30 à 17h, et une hausse aux alentours de 17h30, attestant du report de la consommation d’énergie hors de la pointe.

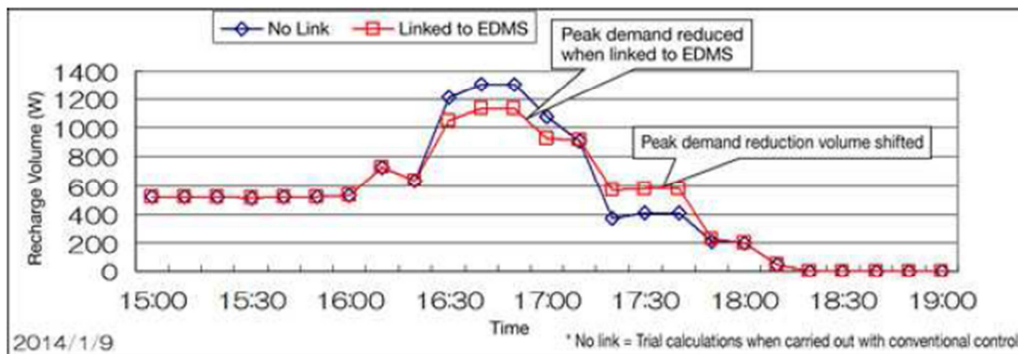


Figure 21 : Evolution de la consommation d'électricité pour la recharge en période de pointe

Source : JSCP, 2014-04-30

Système de recharge pour les véhicules de livraisons de marchandises

La gestion de la recharge des véhicules de livraison de marchandises concerne des véhicules réfrigérés de livraison. Menée en lien avec le magasin *Seven Eleven* à Uenomachi²³, l'idée est de réduire la consommation des camions de livraison (Yamato Transport) ainsi que leur émissions de CO₂, en proposant sur les aires de livraison des modules de recharge par induction (alimentés par le magasin sur le réseau électrique ou bénéficiant de panneaux solaires). En effet, l'obligation de réfrigération des marchandises livrées (deux fois par jour) contraint les chauffeurs à laisser tourner le moteur pendant toute la durée de livraison.

Il s'agit d'un système de recharge sans contact par induction, développé spécialement pour les camions dont le châssis est plus élevé que celui des voitures (environ 30 cm du sol). Sa puissance nominale est de 4,5 kW et peut fournir une recharge des batteries en environ 2 heures. Ce système a été développé par Denso, et l'expérimentation a eu lieu de Février à Décembre 2014. Les véhicules doivent assurer une zone réfrigérée entre 0 et 10°C et une zone pour produits congelés à -15°C.

L'énergie est fournie via le BEMS à partir des batteries de stockage du magasin (6 kWh). L'électricité solaire est générée par des panneaux situés sur le toit du bâtiment.

Les véhicules de livraison tournent sur une amplitude d'environ 8 heures par jour, et sont stationnés entre 2 et 4 h, pour assurer les opérations de chargement/déchargement, pendant lesquelles le moteur tourne pour alimenter le compresseur. Equiper directement les véhicules de batteries augmenterait le poids du véhicule, ce qui en détériorerait la consommation.

Arrêter les moteurs pendant les livraisons permettrait d'après Denso, de réduire les émissions de 2,6 tonnes par an et par véhicule. Dans l'hypothèse où le véhicule de livraison peut recharger ses batteries de 2 à 3 fois par jour, le temps de chaque charge serait de 3 à 5 minutes. L'installation d'un système sans contact permet d'éviter au conducteur de perdre du temps par rapport à une connexion sur un chargeur classique.

L'information sur l'état de charge de la batterie du véhicule et sur les circuits de livraison est collectée via le réseau téléphonique vers un serveur central et communiquée au conducteur via un terminal de bord (KDDI smartphone), et mise à jour toutes les 10 minutes, avec une alarme si le niveau de charge de la batterie descend en dessous de 25 %. Le système donne également les capacités de charge restante du BEMS. Il est prévu de développer une fonction donnant aux conducteurs des recommandations pour une recharge optimale.

Le magasin est donc équipé d'une pompe à chaleur avec un réservoir d'eau chaude de 350 litres. S'il y a un surplus d'électricité solaire, elle peut ainsi être utilisée pour les équipements du magasin, comme l'éclairage ou l'air conditionné, plutôt que de revendre le surplus au réseau. Il est estimé que cela pourrait réduire les émissions de CO₂ de 1,7 tonne par an, en réduisant l'électricité consommée sur le réseau.

Le magasin Seven Eleven a augmenté depuis le début des années 2000, la vente de produits cuisinés, ce qui a accru la consommation d'eau chaude (environ 100 litres par jour). Le lavage des instruments de cuisson a été reporté durant la nuit (0-4h) pour bénéficier de bas tarifs. L'utilisation de la pompe à chaleur réduit ainsi les émissions de CO₂ de 1,2 tonne par an. De plus le réchauffeur d'eau a été adapté pour fonctionner avec du courant continu, ce qui a réduit les pertes d'énergie de 15 à 5%, soit une réduction de 1,2 tonne de CO₂ par an.

L'ensemble de ces mesures laisse espérer une réduction de 3,1 tonnes de CO₂ pour le magasin Seven Eleven, ainsi qu'une réduction de 30% de l'électricité achetée sur le réseau.

Avec ce dispositif qui recharge la batterie du camion en un temps court (5mn), ce dispositif permettrait de réduire de 2,6 T les émissions de CO₂ par camion.

²³ Il s'agit d'un « *convenient store* » ou encore « *konbini* », un commerce de proximité offrant de l'alimentation et des articles quotidiens, dont la caractéristique est d'être ouvert 24h/24 et 7 jours sur 7.

Cette série d'expérimentations a permis dans un premier temps de récolter un grand nombre de données sur les usages réels des véhicules de nouvelle génération, puisque chaque constructeur automobile associé au projet a constitué une base de données permettant d'enregistrer des informations sur les distances parcourues, les consommations y compris des équipements (air conditionné, essuie-glace, chauffage,...), mais aussi sur les rythmes de recharge, qui varient selon les usages.

Le développement du V2X

Au-delà de cette spécificité du marché japonais, l'intégration de la batterie du véhicule dans le dispositif de gestion/ production d'électricité de la maison, via le HEMS, permet de disposer d'une plus grande capacité de stockage des énergies renouvelables, les batteries fixes des maisons étant en général de 5 à 6 kWh seulement. Cela permet donc de réduire les émissions de CO₂, mais aussi de réduire la facture d'électricité des ménages.

Dans le cas de Toyota, les 67 ménages des Smart Houses construites pour tester les HEMS ont quasi tous des véhicules de nouvelle génération (63 Hybrides rechargeables, 4 voitures électriques, 11 véhicules équipés de V2H). Dans le cas de la Prius, le système de V2H permet de délivrer directement du courant alternatif en 100 V. Pour Toyota, le mot d'ordre « produire localement / consommer localement » fait que la revente d'énergie solaire en bénéficiant du feed-in tariff (FIT) avantageux est déconseillé dans les Smart Houses le temps de l'expérimentation. Le système permet donc d'intégrer la batterie comme capacité additionnelle de stockage, et des recommandations sont envoyées au ménage pour les inciter à recharger leur véhicule hybride dans les périodes de production solaire, plutôt que d'acheter du carburant, ce qui réduira le coût d'usage du véhicule.

Réduire fortement l'investissement requis pour des batteries de stockage au domicile.

Les derniers modèles de batterie au Lithium ont un coût élevé, de plusieurs centaines de milliers de Yen par kWh. De même, des batteries de stockage de forte capacité (10 kWh) envisagées comme mesure anti-catastrophe naturelle, coûtent plusieurs millions de yen. L'idée d'utiliser les batteries de forte capacité des voitures électriques permettrait ainsi d'éviter de dupliquer des investissements coûteux.

Dans les smart houses testées à Toyota, en connexion avec le HEMS, les batteries ont une capacité de 5 kWh, ce qui est insuffisant pour alimenter la maison pendant une journée en cas de coupure. Le système V2H de la Prius permet d'alimenter directement la maison en courant alternatif. En cas de coupure, on peut ainsi utiliser l'électricité stockée dans la batterie, mais également, en mettant en route le moteur, on peut générer de l'électricité, tant qu'il y a du carburant dans le réservoir.

Une capacité additionnelle de stockage en temps normal

Cet usage peut se faire de deux façons différentes. La première prend en compte la variation des prix de l'électricité au cours de la journée. En rechargeant la batterie de la Prius avec de l'électricité bon marché hors pointe (nuit), on peut utiliser la batterie en pointe pour éviter de payer le tarif fort, et donc faire des économies sur sa facture d'électricité. Dans le cas où la maison est équipée de panneaux photovoltaïques, la production d'électricité solaire peut dégager un surplus qui sera vendu et transféré sur le réseau. En raison d'un feed-in tariff élevé, cela peut être intéressant financièrement.

La seconde vise au contraire à utiliser la batterie pour stocker ce surplus, plutôt que de le transférer au réseau. L'idée est de favoriser le concept « produit localement – consommé localement », ce qui permet d'éviter des pertes d'énergie. Ceci permet également la réduction des émissions de CO₂.

Si l'installation de systèmes de génération solaire de forte capacité se développe, il faut s'attendre à ce que le feed-in tariff soit révisé à la baisse, voire même disparaisse. Ce second type d'usage est donc celui promu par Toyota. L'expérimentation vise donc à rechercher la maximisation de l'utilisation de l'énergie solaire dans la maison, en utilisant la batterie de la Prius comme capacité additionnelle de stockage. Le V2H est donc connecté au HEMS, avec une fonction d'apprentissage, qui permet de prévoir le besoins de charge du véhicule et la capacité de stockage disponible, en fonction des données sur les usages passés.

En juillet 2012, DENSO a développé également un système qui permet une recharge rapide du véhicule à partir des batteries de stockage de la maison, sans nécessité une modification du contrat d'électricité du logement. Ce système permet d'obtenir une autonomie de 20 km en seulement 15 minutes.

Développement du V2X avec les piles à combustibles

L'expérimentation, réalisée en Novembre 2013, vise à tester un système V2B avec un bus à hydrogène, de façon à pouvoir l'utiliser comme un générateur mobile de secours en cas d'urgence. Un tel véhicule est capable de produire de façon constante une puissance nominale de 9,8 kW sur environ 50 heures, avec un plein de 20 kg d'hydrogène. Cela correspond à 5 jours d'éclairage pour une consommation de 100 kWh (12h par jour) pour un gymnase. Les 20 kg d'hydrogène correspondent à deux jours de circulation normale d'un bus (JSCP, 2013-12-16).

Le système de V2B a été testé sur le bâtiment de l'Ecoful Town. Il est relié par câble au bus, et transforme le courant continu en courant alternatif (100 V/200 V), avec un dispositif conçu par Denso. Le minivan hybride Estima, actuellement commercialisé, est équipé d'un convertisseur en courant alternatif 100 V (1 500 W), qui peut être installé à bord des bus à hydrogène.

A terme, les bus à hydrogène pourraient aussi être connectables à l'EDMS pour réduire la consommation en pointe.

Le développement des véhicules à hydrogène

C'est surtout à Toyota que la question des véhicules à hydrogène a été développée, le constructeur Toyota Motors étant même le premier en 2015 à commercialiser une berline, la Mirai, même si les efforts de conception et de développement de ce véhicule ne font pas partie des expérimentations de la smart community. Fin mars 2015, Toyota a déjà vendu plus de 100 véhicules à hydrogène au Japon, aux USA et en Europe, qui ont déjà parcouru plus de 2 millions de km (le premier véhicule, le FCHV, date de 2002). La capacité de production de la Mirai (400 exemplaires par an) devrait être augmentée, les commandes (notamment des administrations publiques) se révélant plus nombreuses que prévu (Entretien TMC – 21-01-2015)²⁴.

Un projet de développement a été conclu avec le NEDO et l'Association de Recherche sur les Technologies de Production/Utilisation de l'Hydrogène sur le site de l'Eco-Town à Toyota conduisant à la construction et l'installation de stations hydrogène, avec Toho Gas Co. Ltd et Iwatani Corporation. Cela concerne le développement et l'utilisation de véhicules et de bus à hydrogène (JSCP, 2013-04-04). Outre la station construite dans la ville de Nagoya, deux autres stations hydrogène sont planifiées pour 2013, l'une dans la ville de Tokai et l'autre à l'aéroport international de Chubu. Concernant la station construite dans Ecoful-Town à Toyota, elle est capable de pomper 2 000 Nm³ par heure, afin de pouvoir alimenter des bus à hydrogène (distribution à 70 MP pour les bus et à 35 MP pour les voitures, ce qui permet d'alléger le poids de la manette de distribution). Les 8 bus ont été développés par Toyota Motors et Hino Motors dès 2005 pour l'exposition internationale de la préfecture d'Aichi. L'un de ces bus est utilisé de façon opérationnelle sur la ligne de bus reliant Toyota à l'aéroport de Nagoya depuis Octobre 2010.

Parallèlement, Toyota a établi le Hybrid Grid Study Group avec l'Université de Kyushu et d'autres organisations en août 2012 pour développer les recherches sur les utilisations de l'hydrogène. Outre la production d'hydrogène à partir du gaz naturel ou de la biomasse, l'idée est d'utiliser le surplus d'électricité de l'éolien, du solaire et des autres sources d'énergie renouvelable, pour électrolyser de l'eau, et stocker ainsi l'énergie sous forme d'hydrogène. Cette solution pourrait se révéler moins coûteuse que l'utilisation de batteries de stockage.

²⁴ D'après le Business News du 14 Octobre 2015, 350 exemplaires ont été vendus en 2015. Les capacités de production seraient portées à 2 000 en 2016 et 3 000 en 2017 (<http://www.reuters.com/article/us-toyota-environment-idUSKCN0S80B720151014>)

La principale caractéristique des piles à combustible (fuel cell) est leur haut niveau d'efficacité dans la production d'électricité, comparativement aux générateurs classiques qui produisent de l'électricité en convertissant la chaleur en mouvement de rotation, ce qui est source de perte d'énergie. Les piles à combustible nécessitent simplement des réservoirs à haute pression, que l'on puisse remplir d'hydrogène, pour alimenter des moteurs électriques. Par rapport au véhicule électrique, cette technologie permet une autonomie de 500 km ou plus avec un seul plein. De plus ces réservoirs peuvent être remplis en 3 minutes, tandis que les chargeurs rapides nécessitent de 20 à 30 mn.

Fin mars 2015, Toyota a déjà vendu plus de 100 véhicules à hydrogène au Japon, aux USA et en Europe, qui ont déjà parcouru plus de 2 millions de km. Le premier véhicule à hydrogène commercialisable par Toyota était le FCHV en 2002. L'homologation a été obtenue en 2005, et une vingtaine ont été vendus en leasing au Japon et aux USA. Une version améliorée, le FCHV-adv, a été commercialisée en 2008 et plus d'une centaine ont été vendues en leasing. En augmentation la pression du réservoir de 35 MP à 70MP, et en améliorant la performance de la pile, l'autonomie atteinte est de 800 km. La technologie développée par Toyota est un mix entre l'hybride et la pile à combustible, puisque le véhicule est équipé de batteries de stockage pour aider à une accélération rapide et récupérer l'énergie à basse vitesse. C'est au Tokyo Motor Show de 2011 que Toyota a présenté son modèle de berline, le FCV-R, dont la production en série débute en 2015 pour un prix inférieur à 10 millions de yens (environ 75 k€).

Cependant, la taille des véhicules reste importante et des recherches sont menées pour réduire la taille de la pile pour l'adapter à des petits véhicules. Sur le plan technologique, Toyota utilise des séparateurs métalliques dans les piles à électrolyte polymère, plutôt que des séparateurs carbone. La structure a été modifiée pour maximiser le passage de l'hydrogène sur les électrodes, ce qui réduit la taille de la pile. De même, les recherches technologiques ont permis de réduire la quantité de platine pour la catalyse, et de produire en série des réservoirs haute pression en fibre de carbone.

Les nouveaux services de mobilité

Le projet Smart Melit a développé deux actions majeures dans le cadre de l'expérimentation. Le premier concerne la mise en œuvre d'un système d'autopartage innovant pour le Japon. Le second porte sur le développement d'un système d'information multimodale destiné à faciliter une « mobilité bas carbone ».

Ha:Mo Ride, système d'autopartage en trace directe

Toyota a commencé en Octobre 2012 la mise en œuvre de son concept de « *Harmonious Mobility Network* » (Ha:Mo). L'un des services proposés est un système d'autopartage de micro-véhicules électriques conçus pour les petits déplacements dans la ville. Il vise à fournir un système confortable pour les cas où par exemple le trajet de la gare ou arrêt de bus au lieu de destination est un peu trop long pour être fait à pied, ce qui incite les gens à prendre leur voiture personnelle uniquement à cause de ces derniers km. L'idée est donc de combiner ce service avec l'offre de transport public (trains, bus) tout en préservant l'environnement.

Toyota avait expérimenté un système d'autopartage en *one-way* entre 1999 et 2006 sur Kyoto (dénommé Crayon), où les réservations à l'avance étaient possibles, ce qui permettait d'avoir une connaissance des itinéraires planifiés et de la période horaire, et donc aidait à gérer la disponibilité des véhicules. Pour ce projet, Toyota avait développé un véhicule électrique compact spécifique, qui a été modifié pour cette nouvelle expérimentation, la COM, ce qui a permis de réduire les coûts de l'expérimentation.

Dénommé « Ha:Mo Ride », ce service a commencé sur un site particulier, celui du campus universitaire de Chukyo, pour assurer la liaison avec la gare de Kaizu, sur la ligne Aichi Loop (lien vers le centre-ville), ainsi qu'avec la gare de Josui sur la ligne Meitetsu Toyota. Le temps de marche entre le campus et la gare de Kaizu est de l'ordre de 8 mn (colline), et il faut 10 mn en bus pour rejoindre la gare de Josui, mais avec une fréquence faible (20 à 30 mn). L'idée était donc d'offrir un service complémentaire au système de transport public, pour éviter que les gens (notamment les étudiants) ne s'y rendent en voiture.

Ha:Mo Ride est un système en « trace directe » (*one-way*), qui permet de laisser la voiture dans une station différente de celle de départ²⁵. Au démarrage, le système comprenait 4 places à la gare de Kaizu et 8 à la gare de Josui, et deux stations de 4 places installées au sein du campus (Nord et Sud). Le système a démarré avec 10 véhicules électriques. Entre octobre et novembre 2012, on est passé de 10 à une centaine de membres, tandis que le projet prévoyait alors d'augmenter le nombre de stations dans le centre de la ville de Toyota (15 à 20) à l'automne 2013. Ainsi de 50 à 100 VE devaient être mis en service, avec l'objectif d'atteindre 1 000 membres.

Les véhicules sont des COMs, avec un seul passager (P-COM). Cependant, suite aux retours des usagers, une version 2 places (T-COM) a été introduite en 3 exemplaires²⁶. Les modifications sur le véhicule ont consisté à permettre une recharge en 200 V, à l'équiper d'un système d'identification (ID sensor) installé dans la malle, et d'un système de communication pour transmettre les informations au système central de réservation. Enfin, quatre I-Road (véhicule à 3 roues avec roue arrière directrice, faisant 870 mm de large pour économiser de l'espace) sont maintenant présents à la station d'Ecoful Town. Ils servent cependant davantage de vitrine étant en fait peu utilisés. D'une part le véhicule nécessite une formation préalable à sa conduite car il se penche fortement dans les virages. D'autre part, il n'est ouvert à la location que pour des trajets en boucle et coûte plus cher que le prix de location d'une COM. Pour ce type de véhicule, c'est en général l'expérimentation à Grenoble qui est mise en avant²⁷.

La loi sur la Circulation Routière considère les T-COMs comme l'équivalent d'un véhicule motorisé à 4 roues (*light-vehicle*), tandis que la P-COM et l'I-Road sont dans la catégorie des quadricycle légers (*light quadricycle*). Le port du casque n'est pas nécessaire, mais un permis de conduire est exigé dans tous les cas. La puissance du moteur est de 0,59 kW, soit l'équivalent d'un 50cc en thermique, et la vitesse maximale est de 50 km/h pour la T-COM et 60 km/h pour le P-COM. Les COMs sont équipées de batteries au plomb de 5,2 kWh, qui peuvent être rechargées en 6 h, et autorisent une autonomie en ville de 50 km (T-COM/I-Road) ou 55 km (P-COM).



■ COMs et PAS ● COMs seulement ▲ PAS seulement

Figure 22 : Le système Ha:Mo Ride à Toyota

Source : Péan, 2015

²⁵ Rappelons que ce système n'existe pas au Japon (hors expérimentation), en raison d'une législation contraignante sur la location de véhicule, législation progressivement assouplie pour faciliter le développement de l'autopartage.

²⁶ Une version commerciale (B-COM) avec un coffre plus important a été développée et est proposée à l'achat (surtout à Tokyo pour les livraisons urbaines dans les petites rues). La T-COM étant un véhicule 2 places, une autorisation spéciale a été obtenue pour le temps de l'expérimentation.

²⁷ Depuis octobre 2014, et pour une durée de 3 ans, un service d'autopartage a été ouvert à Grenoble, en partenariat avec la ville, la région, l'opérateur Cité Lib et EDF. 35 véhicules (I-road et COMs) sont disponibles dans 17 stations. Le système est connecté à la centrale de mobilité de Grenoble (Station Mobile) qui diffuse une information en temps réel. Les utilisateurs peuvent rechercher par smartphone les stations et véhicules disponibles. Un tarif préférentiel est proposé aux titulaires d'un abonnement TC (JSCP, 2015-03-06b).

Tous les véhicules sont connectés à un système central, qui gère les réservations et suit l'état de charge des batteries. Les chargeurs en station (200 V) assurent les recharges. Certaines de ces stations sont équipées de panneaux photovoltaïques et de batteries de stockage, mais cela n'assure qu'environ 10% des besoins d'électricité.

En octobre 2013, Ha:Mo Ride a été agrandi à 100 véhicules et 22 stations. Gratuit dans la phase de lancement, il est devenu payant à cette même date. Il était alors prévu 27 stations à terme or en mars 2015, il en existait 35 (principalement localisées proche des gares, des lieux de travail et des centres commerciaux). Le nombre de membres a accompagné cet agrandissement puisque d'un peu plus de 500 en octobre 2013, Ha:Mo Ride a dépassé la barre des 1 000 à la fin de l'année 2013 pour atteindre 3 710 utilisateurs en mars 2015 (Péan, 2015)

L'utilisation du système, géré par une filiale de Toyota Motor (Toyota Media Service), nécessite de s'enregistrer et une formation de 30 mn est nécessaire pour familiariser l'utilisateur au fonctionnement du système (formation supprimée en 2014 et remplacée par une vidéo accessible par smartphone). Les réservations se font par smartphone jusqu'à 30 mn avant le départ. Le système indique pour chaque station le nombre de VE disponibles, ainsi que l'état de charge des batteries et donc l'autonomie possible (en pleine charge : 55 km maximum). L'utilisateur sélectionne alors le véhicule qu'il souhaite prendre, et effectue une réservation de place à sa station de destination. S'il n'y a pas de place, la réservation est annulée.

Les réservations à l'avance ne sont pas possibles pour le moment : cela ne peut se faire que 2 heures avant au maximum. Mais c'est une option qui doit être envisagée, et un suivi des attentes de la clientèle est prévu pour améliorer le service.

Arrivé à la station l'utilisateur passe son badge devant le lecteur (FeliCa Card) situé derrière le parebrise. Puis il indique via le smartphone le niveau de propreté du véhicule (4 niveaux) et enfin il déconnecte le câble reliant le véhicule au chargeur. Il n'y a plus de clés. Arrivé à destination, le véhicule doit être branché et l'utilisateur passe son badge sur le lecteur pour fermer le véhicule.

Il n'y a pas d'abonnement, mais les tarifs varient en fonction des véhicules. A titre d'exemple, pour la P-COM, les 10 premières minutes sont tarifées 200 Y (1,5€), puis 20 Y par minute supplémentaire. Le tarif pour le T-COM ou pour l'I-Road est sensiblement plus élevé (300 et 600 yens les 10 premières minutes). Lorsque le véhicule est stationné, le tarif est de 2 Y la minute entre 8h du matin et minuit et 1 Y par minute entre minuit et 8h le lendemain, ceci pour faciliter l'usage du véhicule dans des zones où il n'y a pas de stations. Ces tarifs sont similaires à ceux pratiqués par les sociétés d'autopartage traditionnels tel que Times Car Plus par exemple. La réservation est annulée si l'utilisateur n'arrive pas dans un délai de 30 mn par rapport à l'heure de réservation prévue, et le tarif d'annulation est de 50 yens.

Les retours des premiers usagers ont concerné la simplification des procédures de prise du véhicule, et leur disponibilité jusqu'au dernier train. C'est la raison pour laquelle les clés ont été supprimées et le système rendu opérationnel 24h/24 tous les jours de l'année. Plusieurs améliorations ont été apportées, comme des autocollants placés sur le véhicule et le chargeur pour expliquer comment utiliser le système, ce qui évite d'appeler le service téléphonique. De même les 8, 18 et 28 de chaque mois (Ha:Mo Day) le tarif de base (10 premières minutes) est réduit à 100 yens (contre 200 normalement).

Le système est complété par un service de vélos à assistance électrique PAS qui comprend depuis Octobre 2013, 62 vélos répartis sur 15 stations. Au début du projet, les 30 premières minutes sont gratuites, et au-delà le tarif est de 50 yens les 10 mn (0,38 €). Aujourd'hui le tarif est de 100 yens les 20 premières minutes, puis 100 yens les 10 minutes suivantes.

Par rapport à Yokohama (Choi Mobi), plusieurs stations et véhicules sont à Toyota, tout à fait visibles par les résidents. Bien qu'en retrait de la voirie, 6 stations sont en effet sur des espaces de parking (mairie, entreprise) se voyant depuis la rue (les autres sont néanmoins dans des parkings sous-terrain comme par exemple la grande station de la gare centrale). Si le système fonctionne bien sur le plan technique, et si le nombre de membres a largement dépassé les prévisions initiales, il convient cependant de nuancer ce succès. D'abord, la très grande majorité des utilisateurs sont en fait des salariés de Toyota Motor, ce qui

n'est peut-être pas surprenant dans une ville où beaucoup travaillent dans le secteur automobile, que ce soit pour Toyota Motor ou ses fournisseurs/sous-traitants. S'ajoute à cela que dans une ville de cette taille (environ 420 000 habitants), étendue et peu dense, et qui plus est donc historiquement dédiée à l'automobile, la motorisation des ménages est particulièrement élevée, expliquant peut-être que le taux de rotation des véhicules soit en fait peu élevé (1 location/véhicule/jour²⁸). Considérant qu'il sera difficile d'augmenter cette fréquence d'utilisation avec les particuliers (près de la moitié des usages en semaine concernent des trajets domicile-travail/étude), TMC vise aujourd'hui davantage la clientèle d'entreprises pour des déplacements professionnels. Lors de nos entretiens en janvier 2015, 55 entreprises étaient déjà adhérentes au système. Toyota espère que cette clientèle utilisera le système 2 à 3 fois par jour pour des trajets professionnels.

En 2014, un questionnaire a été envoyé à 800 membres individuels. L'enquête montre que :

- 77% des utilisateurs sont des hommes
- 54% habitent la ville de Toyota
- 35% ont la trentaine et 32% la quarantaine
- 85% des trajets sont effectués en trace directe (*one-way*)
- Chaque trajet dure en moyenne 35 mn pour une distance de 4 km en semaine, et respectivement 50 mn et 5 km les jours fériés.
- Les motifs principaux de déplacement sont « affaires personnelles » (férié) suivi de « domicile-études » et « domicile-travail ». La raison principale d'usage est la facilité d'utilisation (64%), suivi par la proximité d'une station (60%) et le gain de temps (33%).
- A la question « comment vous seriez-vous déplacé avant d'utiliser Ha:Mo Ride », 40% répondent à pied ou à vélo, 32% en voiture et 13% en scooter ou moto. Donc 45% des personnes ont opéré un transfert modal depuis un mode motorisé, ce qui était le but recherché.

Au démarrage du projet, l'autopartage était vu comme un modèle appelé à se développer (dissociation possession/usage), et le but de l'expérimentation était aussi de vérifier l'opérationnalité et la rentabilité de ce système (observées avec le système Crayon, abandonné pour des contraintes de réglementation). Il semble néanmoins que les résidents sont encore peu ouverts pour une utilisation massive d'un service d'autopartage en micro-véhicules électriques, ce qui ramène au problème du business model. Selon l'un de nos interlocuteurs, un des moyens pour réduire le coût d'exploitation d'un tel système résiderait dans le véhicule autonome, qui permettrait par exemple le rééquilibrage automatique des stations, sans frais de personnel, ou encore l'usage en zone peu dense sans avoir à créer de nombreuses stations qui à leur tour amplifieraient le problème du déséquilibre.

L'expérimentation des smart communities est maintenant terminée. Pour Toyota Motor qui, bien que mettant en avant sa Plug-In hybride (afin d'exploiter son avantage sur ce segment), semble également croire au développement de la micro-mobilité électrique pour les derniers km, l'idée était de faire de Ha:Mo Ride un service commercial. Mais comme cela était prévu dans le contrat, le service doit être maintenu pendant deux ans au moins puisque la société a reçu des financements publics pour son développement. Il n'est donc pas possible d'envisager dès maintenant d'en faire un service commercial en le vendant à un opérateur quel qu'il soit.

Ha:Mo Navi, un système d'aide à la navigation et au choix modal

Toyota Motor, associé à Hitachi, a développé un système d'information multimodale, conçu comme un « assistant mobilité », dénommé Ha:Mo Navi. Mis en œuvre le 1^{er} Octobre 2012, ce système vise à favoriser une « mobilité bas carbone », en conseillant aux utilisateurs le mode (ou la combinaison de plusieurs modes) qui minimise les émissions de CO₂. L'objectif de ce système est bien de fournir une aide au déplacement, via un smartphone et propose une aide à la navigation pour les voitures, l'information sur les parc-relais disponibles, les départs et arrivées des trains et des bus, et des itinéraires intermodaux, y compris avec le

²⁸ Entretien TMC – 21 janvier 2015

système d'autopartage Ha:Mo Ride ou les vélos en libre-service (PAS), via la centralisation et la rediffusion des informations en temps réel sur les offres disponibles par chacun des opérateurs.

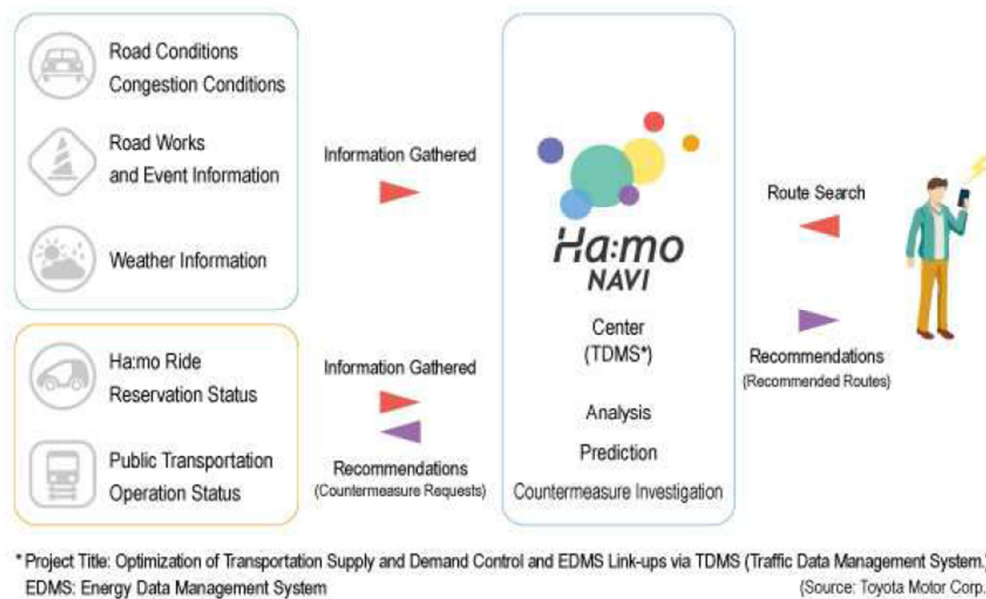


Figure 23 : Le système d'aide à la mobilité Ha:Mo Navi à Toyota

Source : JSCP, 2012-11-20

Pour une origine-destination donnée à une période donnée, le système recherche tous les itinéraires possibles en combinant les différents modes de transport si nécessaires. Il fournit une feuille de route détaillée, précisant les étapes et les horaires.

Plusieurs modes de calcul d'itinéraires (*sequence*) sont proposés. Le mode « écologique » donne la priorité aux itinéraires qui minimisent les émissions de CO₂, et indique le nombre d'éco-points qui peuvent être obtenus. Ici, la marche à pied, mode le plus écologique, mais pas toujours approprié, n'est proposé que pour des trajets de moins de 2 km.

Les autres modes de calcul proposés sont la durée (*speed sequence*) et le coût (*cost sequence*). Les résultats dépendent bien entendu de l'heure de déplacement, en fonction de la congestion et de la fréquence des transports publics.

Le système est capable d'analyser et de prévoir les conditions de circulation et peut donner des recommandations tant pour l'utilisateur que pour les opérateurs des transports publics (non disponible pour le moment ; en fonction de la demande recensée par le système, l'idée est par exemple d'informer le gestionnaire d'une ligne de bus de clients en attente ou de véhicules en surcharge). Il intègre des informations concernant la météo, les travaux de voirie ou tout autre évènement en cours dans la ville.

Le système dispose également d'une fonction « décalage dans le temps » (*Time Shift*) qui recalcule les meilleurs itinéraires en tenant compte d'un départ avancé ou retardé de 30 mn, afin d'inciter les gens à changer leurs habitudes en termes d'horaires (déplacements en période de pointe), ce qui peut leur permettre de réduire leur temps de trajet.

Une connexion entre Ha:Mo Navi et le EDMS a été mise en œuvre, concernant les véhicules électriques et hybrides rechargeables. L'EDMS peut suivre l'usage des véhicules et ainsi conseiller les utilisateurs pour une pratique optimale de recharge des véhicules, en lien avec la gestion globale de l'électricité sur la ville (JSCP, 2012-11-20).

L'une des retombées attendues de ce système est de réduire la congestion, par une meilleure connaissance des déplacements des individus et des incitations à changer de mode ou de période de déplacement.

Lors de nos derniers entretiens (Janvier 2015), il nous a été indiqué que le système était encore perfectible. En effet, le calcul d'itinéraires pour chaque mode est complexe et donc assez lent. De plus, il reste quelques problèmes pour l'échange de données avec les compagnies ferroviaires. Les utilisateurs de ce système sont encore très souvent les utilisateurs d'Ha:Mo Ride, et ils y sont incités par les éco-points qu'ils peuvent gagner. De plus, dans la ville de Toyota, les gens considèrent que les transports publics coûtent cher, et comme leurs trajets domicile-travail sont remboursés, y compris en voiture, c'est plus simple de les faire en voiture²⁹. Par ailleurs, les services de bus (qui ne sont pas subventionnés par la ville, sauf cas particulier) ont des itinéraires longs et lents (pas de mesure de priorité) : avec le vieillissement et la baisse de population, et des coûts d'exploitation élevés, la tendance est à diminuer le service (fréquence), ce qui les rend encore moins attractifs.

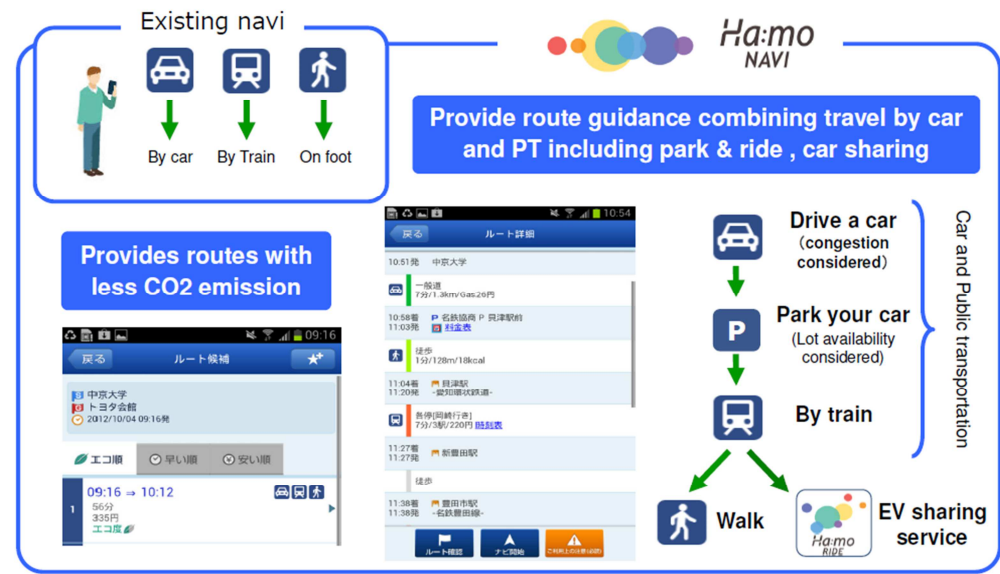


Figure 24 : les fonctionnalités du système Ha:Mo Navi

Source : Péan, 2015

Ha:Mo Navi envoie chaque jour à 320 automobilistes, une information sur la disponibilité de places dans les parcs-relais, ainsi que les horaires de train et de bus, avec des éco-points Ha:Mo. Pendant 2 semaines en novembre 2014, une expérimentation a été réalisée pour inciter au changement de comportement de type report modal. Cela a conduit à 30% de report modal sur le transport public, ce qui semble très élevé. On considère en général que l'information seule ne peut induire que 10% de transfert modal, et souvent les résultats ne dépassent pas 4 à 5%. Ce résultat semble donc indiquer que les incitations par éco-points ont eu un effet important, du moins sur cette courte période d'expérimentation.

Bien qu'il n'ait pas été possible de récupérer d'informations sur l'usage réel de ce système et surtout sur son impact dans le temps sur les comportements de déplacement, le système semble ambitieux et prometteur, par la mise en relation de source de données sur les différentes composantes du système de mobilité dans la ville. En ce sens, il est assez proche du système Optimod développé à Lyon (système qui ne fait pas partie du projet de Smart Community, car il est développé par le Grand Lyon sur l'ensemble de l'agglomération).

²⁹ Beaucoup d'entreprises dissuadent leurs salariés d'utiliser leur véhicule, ou les incitent à prendre leur propre assurance, pour les trajets domicile-travail en principe sous la responsabilité de l'entreprise. Quoi qu'il en soit, il semble que souvent, le dispositif de remboursement du trajet domicile-travail – du type abonnement TC (Teikiken) sur le trajet Domicile-Travail – se fasse par un versement en argent, sans contrôle de l'utilisation, donc en fait pour les gens (à Toyota du moins), cela couvre une partie de leur frais en voiture.

Récapitulatif des visites de terrain et entretiens

Date	Organisation	Personnes rencontrées	Fonction / Responsabilités
5 mars 2013	Toyota Motor Corporation (TMC)	M. NAGAI Katsuyoshi M. HARA Toshiyuki Mme HOMMA Yukiko M. KAWAI Hiroshi M. MATSUMOTO Yutaka Mme NAKAYAMA Naoto M. HAMADA Shinji M. ITO Hiroshi	Project Manager, Smart Community Planning Department, IT and ITS planning Division; General Manager, Smart Community Planning Department, IT and ITS planning Division; Assistant Manager, Smart Community Planning Department, IT and ITS planning Division; Group Manager, Smart Community Planning Department, IT and ITS planning Division; Project Manager, R and D Management Division; Project General Manager, Corporate Public Relations Department, Corporate Citizenship Division; Group Manager, Toyota Automobile Museum, Corporate Citizenship Division. chercheur Toyota Foundation.
5 mars 2013	Ville de Toyota	M. NISHI Kazuya	Deputy Director of the Model Environment City Promotion Division, responsable projet smart Melit
23 juillet 2013	Ville de Toyota	M. NISHI Kazuya M. ISHIKAWA Yoichi	responsable projet smart Melit ; chef de la section eco model city
19 mars 2014	Ville de Toyota	M. NISHI Kazuya	Deputy Director of the Model Environment City Promotion Division, responsable projet smart Melit
19 mars 2014	Chubu Electric Power Company (Chuden)	M. YAMADA Takukan M. SOYAMA Yutaka	vice-director of the Management strategy on supply and demand, wide area group Manager (same division)
30 mai 2014	Ecoful Town		Visite Ecoful Town, showroom, smart house etc.
21 janvier 2015	Toyota Motor Corp	M. HONMA Yukiko M. Stéphane PEAN M. TSUBOKAWA Kei	Smart Community Dept, ITS Planning Division, Toyota Motor Corporation ; Smart Community Dept, ITS Planning Division, Toyota Motor Corporation ; Project Manager, Smart Community Dept, ITS Planning Division, Toyota Motor Corporation (peu avant: Toyota Home, en charge smart houses)
21 janvier 2015	Toyota Motor Corp	M. KAWAMOTO Masayuki)	Project general manager, R & D management division (en charge de Smart Melit)

Références

Chubu Electric Power Company, 2014, *denryoku jukyu hippaku toki no demandoresuponsu ni kansuru jisshojiken no kekka nitsuite* (résultats de la vérification du demande/réponse lors de tension entre offre et demande d'électricité) ; document en japonais remis lors des entretiens [Entretien Chuden, 19 mars 2014].

ITO, Hiroshi, 2014, « Toyota as an Environmental Model City: Is Its Eco-Policy Recognized? » Journal of Sustainable Development, vol. 7, no 2, mars 2014, p.70 77. doi:10.5539/jsd.v7n2p70

JSCP, 2012-10-23, Optimizing the control of the energy supply and demand throughout the entire community [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20121018/327334/>

JSCP, 2012-11-20, Instant Searches on Connections between Automobiles and Public Transport – Encouraging people to change their customs by quantitatively pointing out the effects of using public transport [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20121120/331258>

JSCP, 2012-12-18, Using solar energy to its maximum benefit in commercial facilities [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20121217/334194/>

JSCP, 2013-02-18, Restraining electrical power peaks when simultaneously recharging multiple PHVs and EVs [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20130207/339577/>

JSCP, 2013-04-04, Verification experiment into ideal societies that use hydrogen to attain the wide-spread distribution of FCVs – The construction of new hydrogen stations that can also fill fuel cell buses [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20130404/346440>

JSCP, 2013-12-16, Electric Power Supplied from FC Buses to Evacuation Centers during Disasters – Providing Gymnasium with Lighting for Five Days [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20131213/377104>

JSCP, 2014-03-19, Using All Electricity Generated by Solar Power for Self-Consumption with HEMS [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140318/388558/>

JSCP, 2014-03-20, Building Systems to Reduce Carbon and Equalize Electricity Usage Based on Regional Electric Demand Forecasts [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140320/388963/>

JSCP, 2014-04-30, Optimizing PHV and EV Recharging in Accordance with Power Demand in the Community, France [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140430/395059/>

JSCP, 2014-04-30, Optimizing PHV and EV Recharging in Accordance with Power Demand in the Community – Automatic Control of Recharging Volumes in Alignment with Fluctuations in Electricity Rates [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140430/395059>

JSCP, 2014-05-01, “Top Up” Recharges for Batteries Mounted on Collection and Delivery Vehicles – Reducing CO2 Emissions by 2.6 Tons Per Vehicle/Per Year by Switching Off the engine When Parked [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140501/395364>

JSCP, 2015-03-06a, Suggestions for Energy Conservation and How to Use PHV, Tailored to Each Household’s Lifestyle – Lifestyle support Agent Helps Lower Electric Bills, Encourages Effective Use of PHV’s [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20150306/438258>

JSCP, 2015-03-06b, Initiatives Picks up Pace to Build EV Car Sharing Business - Overseas Service Begins in Grenoble, France [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20150306/438250>

KAWAMOTO Masayuki, 2013, Smart Communities create a Low-carbon Society with Next Generation Mobility, presentation Powerpoint remise à l’entretien TMC – 21-01-2015

NEPC, sd, Heisei 23 nendo oyobi Heisei 24 nendo jisedai enerugi shakaishisutemu jisshojigyo seika hokoku (rapport sur les résultats des activités de vérification des énergies de nouvelle génération et systèmes sociaux des années fiscales 2011 et 2012) [en ligne] http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/130626/130626_39.pdf

OHTA, Toshihiko, 2011, Verification Project for the Establishment of a Low-Carbon Society System in Toyota City, Aichi Prefecture, [en ligne] http://www.uncrd.or.jp/content/documents/140SMT%20-%20P12_2_Case%20Study_Toyota.pdf

PEAN, S., 2015, Sustainable Mobility Society Toyota City’s Low Carbon Society System Field Test Project, Communication au colloque *Experimenting smart communities in Europe and Japan*, Lyon 16-18 September 2015

Ville de Toyota, 2009, *Daiichiji Toyota shi kankyo moderu toshi akushon puran - hito to kankyo to gijutsu yugo suru kankyo senshin toshi – haiburiddo shiti Toyota puran* (Premier plan d’action ville modèle environnementale de la ville de Toyota – unir hommes, environnement et technologies pour une ville en pointe dans l’environnement - Plan « Toyota Ville Hybride », (mars) [en ligne]. http://www.city.toyota.aichi.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/007/666/01plan.pdf

Ville de Toyota, 2014, *Dainiji Toyota shi kankyo moderu toshi akushon puran - hito to kankyo to gijutsu yugo suru kankyo senshin toshi – haiburiddo shiti Toyota puran* (Deuxième plan d’action ville modèle environnementale de la ville de Toyota – unir hommes, environnement et technologies pour une ville en pointe dans l’environnement - Plan « Toyota Ville Hybride », (mars) [en ligne] http://www.city.toyota.aichi.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/008/301/02plan.pdf

Table des Matières

Sommaire	1
Liste des sigles	2
1. Présentation du site	3
2. Conditions d'émergence du projet.....	3
3. Les éléments constitutifs du projet de smart community	6
Le volet Energie : EDMS, HEMS et BEMS pour l'autosuffisance énergétique	8
Le volet social grand public : Ecoful Town.....	11
4. La gouvernance de Smart Melit.....	12
L'organisation formelle de Smart Melit.....	12
Le rôle respectif des principaux acteurs.....	14
5. Les incitations au changement de comportement et le Demande/Réponse.....	15
Les requêtes de Demande/Réponse	18
Le test d'une tarification dynamique mené par Toyota Motor et Denso	18
Les requêtes de Demande/Réponse menées par Chuden	19
6. Les mesures dans le domaine des transports et de la mobilité	21
La promotion des véhicules de nouvelle génération	21
La gestion des recharges	22
Le développement du V2X	26
Le développement des véhicules à hydrogène	27
Les nouveaux services de mobilité	28
Ha:Mo Ride, système d'autopartage en trace directe	28
Ha:Mo Navi, un système d'aide à la navigation et au choix modal.....	31
Récapitulatif des visites de terrain et entretiens	34
Références	34
Table des Matières	36