



HAL
open science

YOKOHAMA : Yokohama Smart City Project. 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. YOKOHAMA : Yokohama Smart City Project. Projet SMARTMOB. [Rapport de recherche] Laboratoire Aménagement Economie Transports – LAET (UMR 5593); Institut d’Asie Orientale – IAO (UMR 5062). 2016, pp.34. halshs-01382820

HAL Id: halshs-01382820

<https://shs.hal.science/halshs-01382820>

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



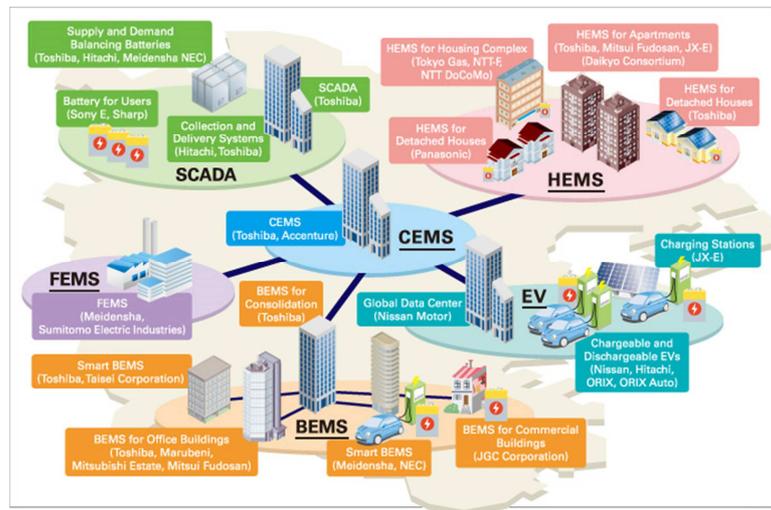
INSTITUT D'ASIE ORIENTALE
东亚学院 / 東アジア研究所
Lyons Institute of East Asian Studies

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

YOKOHAMA

Yokohama Smart City Project



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

Illustration de couverture : site de la ville de Yokohama

Sommaire

1. Présentation du site	3
2. Conditions d'émergence du projet : le rôle stratégique de la ville de Yokohama	4
3. Les éléments constitutifs du projet de smart community.....	6
4. La gouvernance de YSCP et le rôle des acteurs	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	22
Récapitulatif des visites de terrain et entretiens.....	30
Références	31

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...)
CCP	<i>Critical Commitment Program</i>	Principe d'enchères faites par les consommateurs pour économiser un certain volume d'électricité
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	
EMC	<i>Eco-Model City Project</i>	Programme national pour des villes modèles durables
FEMS	<i>Factory Energy Management System</i>	Système de gestion de l'énergie d'une usine
FY	<i>Fiscal Year</i>	Au Japon, l'année fiscale commence le 1er avril et se finit le 31 mars
G30		Plan de Développement durable de la ville de Yokohama (gestion des déchets)
HEMS	<i>Home Energy Management System</i>	Système de gestion de l'énergie d'une maison (logement individuel)
ITS	<i>Intelligent Transport System</i>	Système de transport intelligent
L-PTR	<i>Limited Peak Time Rebate</i>	Variante du PTR : le rabais ne s'applique que si un certain volume d'électricité est atteint
MEMS	<i>Mansion Energy Management System</i>	Système de gestion de l'énergie d'un immeuble résidentiel
METI	<i>Ministry of Economics, Trade and Industry</i>	
MLIT	<i>Ministry of Land, Infrastructure and Tourism</i>	
NEDO	<i>New Energy and Industrial Technology Development Organization</i>	
NMC	<i>New Mobility Concept</i>	Nom donné à la version Nissan de la Twizy
NTIC	Technologies de l'Information et de la Communication	
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Véhicule</i>	Véhicule hybride rechargeable
PMO	<i>Project Manager Office</i>	Rôle de conseil et coordination dans le consortium d'entreprises à Yokohama
PTR	<i>Peak Time Rebate</i>	Rabais sur le prix de l'électricité en fonction des économies faites en période de pointe
PV	Photovoltaïque	
TEPCO	<i>Tohoku Electric Power Company</i>	Compagnie d'électricité de la région du Tohoku, intégrant l'agglomération de Tokyo et Yokohama
TOU	<i>Time Of Use</i>	Tarification par paliers selon la période de la journée (nuit, jour, pointe)
V2H	<i>Vehicle-to-Home</i>	Dispositif permettant à la batterie d'un véhicule électrique de fournir de l'électricité au logement
V2X	<i>Vehicle-to-X (something)</i>	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
VNG	Véhicule de Nouvelle Génération	
YES	<i>Yokohama Eco School</i>	Créé par Yokohama dans le cadre de EMC
YMPZ	<i>Yokohama Mobility Project Zero</i>	Plan de la ville de Yokohama pour une mobilité zéro émission (initié dans le cadre de EMC)
YSCP	<i>Yokohama Smart City Project</i>	Nom donné à la <i>smart community</i> de Yokohama

Yokohama Smart City Project - YSCP

1. Présentation du site

Située dans la préfecture de Kanagawa, Yokohama est la seconde plus grande ville du Japon après la métropole de Tokyo, avec 3 689 603 habitants en octobre 2010¹ pour une superficie de 434,98 km² (MIAC, 2012). Elle possède le statut de « ville désignée »² depuis le 1^{er} septembre 1956. La ville est divisée en dix-huit arrondissements (*ku*) dont les responsables sont nommés par le maire (Figure 1).



Figure 1 : Arrondissements de Yokohama

Digital National Land Information, MLIT, modifié par l'auteur

Au moment de l'appel d'offre du METI du 29 janvier 2010 pour mettre en œuvre des « expérimentations d'énergie de nouvelle génération et systèmes sociaux », la ville de Yokohama s'était déjà démarquée par son activisme en matière de politique environnementale à travers un ensemble de politiques locales : le programme de tri sélectif G30 (*gomi sanjū* : déchets -30%) qui fut un succès³, la labellisation de l'arrondissement de Kanazawa comme « Green Valley »⁴, le programme d'éducation environnementale « Yokohama Eco School » (YES) et la labellisation comme une Eco Model City en 2008 par le Cabinet, ce qui constituait un argument solide pour appuyer sa candidature. Mais surtout, Yokohama s'est positionnée au niveau international comme un acteur volontariste en matière de politique environnementale : la ville a été

¹ Il est intéressant de noter que la population a diminué : à Yokohama, elle est passée à 3 629 257 habitants en 2012 (MIAC, 2014). Cette évolution traduit davantage une tendance nationale, avec une perte démographique du Japon entre 2010 et 2012 de 284 000 habitants, pour s'établir à 127 515 000 habitants en 2012.

² La Loi pour la promotion des mesures contre le réchauffement climatique (*Act on Promotion of Global Warming Countermeasures*), votée en 1998 (dernière révision en 2013) contraint notamment les préfectures et certaines municipalités (« *designated cities* » et « *core cities* ») à préparer leur propre plan de réduction des GES, impliquant pour la première fois les acteurs locaux dans la démarche de conception de mesures/actions territorialisées.

³ L'objectif de 30% de tri sélectif a été rapidement atteint. En 2010, le taux était de 40% (Ville de Yokohama, 2010a).

⁴ Cette labellisation s'accompagne d'un ensemble d'initiatives visant à promouvoir les énergies renouvelables et la capture du CO₂ dans l'océan.

sélectionnée comme Eco2 city par la Banque Mondiale en 2009 pour ses bonnes pratiques en faveur de l'environnement et a reçu en 2011 le « Smart City Award » lors du Smart City Expo & World Congress à Barcelone. Du point de vue des événements internationaux, Yokohama a accueilli la réunion de l'APEC en 2010, en marge de laquelle fut inaugurée la smart city, une « Asia Smart City Conference » par an depuis 2012 dans le cadre de la Future City Initiative (Ville de Yokohama, Press Release 2012-10-31) et un groupe de travail de la 38^e session du GIEC le 30 mars 2014, pour ne citer que quelques événements.

2. Conditions d'émergence du projet : le rôle stratégique de la ville de Yokohama

Le rôle de la mairie de Yokohama a été central pour organiser la réponse à l'appel d'offre (Entretien Toshiba - 26 mars 2014 ; Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014). Le département des « politiques de lutte contre le réchauffement climatique » a mobilisé ses contacts avec les grandes entreprises qui siègent dans la ville et le projet fut rédigé en un mois, ce qui correspond au délai de l'appel d'offre. Une étude a été confiée à Accenture, entreprise qui possède un siège dans le quartier de Minato Mirai et qui alors, participait à la smart city d'Amsterdam (Entretien Accenture - 12 juin 2014). Au total, cinq entreprises ont participé à la réponse à l'appel d'offre : Accenture qui a également conseillé la mairie quant au choix des entreprises, Meidensha, Nissan Motor, Panasonic et Toshiba (Ville de Yokohama, Press Release 2010-03-03).

Le choix de Nissan Motor et de Toshiba semblait s'imposer, ces deux multinationales ayant leur siège dans la préfecture, mais la mairie de Yokohama a néanmoins su affirmer son rôle. La ville a en effet contrôlé tant le choix du leader du consortium d'entreprises⁵ que sa composition comme en témoigne la grande diversité des projets qui font la spécificité de la smart community de Yokohama. Cette variété qui repose sur la sélection d'entreprises clairement concurrentes est une volonté de la municipalité, qui voulait donner une image de compétition et asseoir son positionnement de grande ville dynamique.

Outre les entreprises, et particulièrement Accenture qui a joué un rôle d'expertise, des chercheurs de l'université de Yokohama liés à la mairie, spécialistes en énergie, études environnementales et en architecture, ont également eu un rôle actif dans l'élaboration de la réponse à l'appel d'offre (Entretien Toshiba - 26 mars 2014). La courte durée de l'appel d'offre, et l'accentuation sur les expérimentations technologiques ne semblent pas avoir permis la participation d'habitants.

Après la sélection du projet en avril 2010 a eu lieu l'élaboration du master plan. Durant cette phase de cinq mois, le projet a été affiné avec l'aide des universitaires de la « Conférence pour les systèmes énergétiques et sociaux de nouvelle génération », notamment le professeur Kashiwagi Takao, mais aussi avec le METI. Le master plan final a été présenté le 8 août 2010 au METI (Ville de Yokohama, 2010b).

Au total, trente firmes ont participé au début du projet et ce nombre s'est élevé à trente-cinq par la suite (Figure 2). Sur ces trente entreprises, dix-sept sont impliquées dans le développement de systèmes de gestion de l'énergie (EMS), quatorze développent des dispositifs de stockage, douze des dispositifs de production énergétique, neuf des activités de mobilité et huit des systèmes de transmission de données énergétiques et de transport. Environ la moitié des entreprises ont une activité monosectorielle et pour la plupart ont un rôle secondaire, ou mènent un projet totalement indépendant de la smart city, comme Misawa Home ou Nomura Estate. L'autre moitié des entreprises, impliquées dans deux à cinq secteurs d'activités, comprend des firmes historiques de l'industrie pétrolière et du gaz (JX Nippon Oil & Energy, Tokyo Gas), de l'ingénierie (JGC et sa succursale, Meidensha, Taisei), de l'électronique et informatique (Hitachi, Panasonic, Sharp, Sumitomo Electric, Toshiba), du transport (Nissan Motor, Nissan Car Rental Solutions) et de l'immobilier (Daikyo Astage, Mitsui Fudosan).

⁵ Toshiba, entreprise des NTIC, avait un avantage notable par rapport à d'autres entreprises : le rôle de leader ne lui a été confié qu'un an et demi après le lancement du projet, soit à la fin de l'année 2011. Dans la phase transitoire, Toshiba exerçait un rôle technologique central à travers la mise en place du CEMS qui reliait toutes les technologies, mais la ville voulait alors laisser le leadership ouvert afin de favoriser une diversité des initiatives et des entreprises participantes.

Catégorie d'acteurs	Membres de « Yokohama Smart City Project »
Organismes publics et semi-publics (2)	Ville de Yokohama, URban Renaissance
Acteurs privés (32)	Accenture, Daikyo Astage, Hitachi, JGC, JGC Information Systems, JX Nippon Oil & Energy, Meidensha, Misawa Homes, Mitsubishi Estate, Mitsui Fudosan, Mitsui Fudosan Residential, MM42 Kaihatsu TMK, Marubeni, NEC, Nissan Car Rental Solution, Nissan Motor, Nomura Real Estate Development, NTT Docomo, NTT Facilities, Orix, Orix Auto, Paltek, Panasonic, Sekisui House, Sharp, Sony Energy Devices, Sumitomo Electric Industries, Taisei, TEPCO, Tokyo Gas, Toshiba, Yokohama Smart Community
Acteurs académiques (1)	Tokyo Institute of Technology

Figure 2 : Liste des acteurs de la Smart City de Yokohama par catégorie en 2013

La principale spécificité de la ville de Yokohama a été de réunir un grand nombre d'initiatives, passées ou à venir, autour d'une même appellation, Yokohama Smart City Project ou YSCP.

Deux cas illustrent les implications de cette synthèse autour d'un même label du point de vue des processus de coordination :

- Le premier cas est un des six BEMS de la smart city dont le développement est assuré par JGC. L'entreprise développait déjà des technologies de réseaux intelligents depuis 2009 (JGC, 2013, p. 18) en bénéficiant de subventions du NEDO depuis 2010 (Entretien JGC - 12 juin 2014) pour l'utilisation de batteries de stockage. Après la sélection de Yokohama en tant que smart community, la mairie de Yokohama a demandé à JGC de rejoindre YSCP. Après plusieurs réunions pour discuter du projet, JGC a accepté de participer et lors d'une dernière réunion ont été arrêtées les grandes lignes du projet avec le chef du groupe de travail BEMS, Meidensha.
- Le second cas est celui de la « Smart Community » (aussi dénommée Smart-Cell) lancée indépendamment par dSpace et plusieurs autres entreprises en juin 2011 et avec pour slogan « *produce, charge and use wisely* » l'énergie à l'intérieur d'une petite zone. L'objectif étant autour de CEMS et HEMS et toute sorte de technologies (matériaux, construction etc.) de tester des systèmes autonomes autour du partage des énergies renouvelables (dites naturelles) entre voisins (*prosumers*). Ce projet qui regroupe quelques 89 entreprises de toutes sortes de secteurs industriels, bien qu'en marge de YSCP est soutenu par la ville de Yokohama qui a mis à disposition un terrain où la première smart house expérimentale a été construite (3 autres prévues)⁶.

Ainsi, les acteurs publics et privés s'accordent pour donner la dénomination de « smart city » à un grand nombre de projets (YSCP Promotion Council, 2014, p. 6) même si ceci ne se traduit pas nécessairement dans une collaboration entre ces projets. Ceci dit, la diversité des projets mis en œuvre à Yokohama bien que voulue par la ville répond aussi à une exigence même de la politique initiée par le METI qui consiste à relier un grand nombre de projets relativement séparés pour tester la connectivité des technologies à l'échelle d'une ville. La fragmentation des projets s'explique donc autant par les stratégies plurielles des acteurs impliqués que par la nécessité d'expérimenter la connexion des technologies dans un contexte de dispersion des dispositifs techniques qui sera l'apanage de toutes les villes où seront exportés ces systèmes.

⁶ Pour plus de détails sur ce projet multiforme qui ne sera pas pris en compte dans la suite de cette monographie, voir le site <http://www.smartenergy.co.jp/yokohama/index-e.html> ou la présentation générale disponible à : http://www.smartenergy.co.jp/yokohama/pdf/ysc_110614_Presentation_E.pdf

3. Les éléments constitutifs du projet de smart community

La smart city de Yokohama partage avec ses consœurs les mêmes catégories technologiques issues de l'appel d'offre du METI et de l'élaboration des Master Plans. YSCP se démarque cependant quant à l'ampleur de l'expérimentation qui pour chaque catégorie intègre davantage de sous projets menés par des firmes différentes comme en témoigne la figure 3. Le développement de technologies telles que le BEMS intégré ou le système SCADA (voir ci-après) s'inscrit dans une stratégie à moyen terme de développement « d'agrégateur » portée par Toshiba à Yokohama et sur le marché international. L'agrégateur, qui sera développé en 2020 sous le nom « d'Energy Solution Center Yokohama », devrait centraliser toutes les consommations et permettre de prédire et planifier précisément la consommation de chaque élément (YSCP Promotion Council, 2014). L'agrégateur créerait ainsi un plan d'allocation avec un système d'échange de « négawatt » à travers un système de D/R, un mécanisme comparable à un marché d'émissions de CO₂.

Catégorie	Projet	Acteurs
CEMS	CEMS	Toshiba, Accenture
SCADA	Système SCADA	Toshiba, Meidensha, NEC, Hitachi, Sony Energy Devices, Sharp
BEMS	Integrated BEMS	Toshiba
	3 BEMS	Toshiba, Mitsubishi Estate, Mitsui Fudosan, Marubeni
	Smart BEMS	Meidensha, NEC
	Smart BEMS	Taisei
	BEMS, V2B	JGC, JGC Information Systems
FEMS	FEMS	Sumitomo Electric, Meidensha
HEMS	4 000 HEMS	Toshiba, Panasonic
	177 HEMS	Toshiba, Mitsui Fudosan, Mitsui Fudosan Residential
	131 HEMS	Daikyo Astage
	108 HEMS	Nomura Estate
	80 HEMS	dSpace
	48 HEMS	Panasonic
	33 HEMS	Toshiba, Mitsui Fudosan Residential
	24 HEMS	Tokyo Gas, Sharp, NTT Docomo, NTT Facilities
	16 HEMS	JX Nippon Oil & Energy
	Service HEMS	Misawa Homes
Boitiers communicants	600 boitiers communicants	Tokyo Gas, URban Renaissance
Transport	2000 VE (subventions)	Nissan Motor, ville de Yokohama
	100 véhiculés partagés	Nissan Motor, Hitachi, Nissan Car Rental
	7 véhicules partagés	Nissan Motor, Orix, Hitachi
	V2H	Sekisui House, Nissan Motor
	V2H	JX Nippon Oil & Energy, NEC
	Système de recharge BCIS	JX Nippon Oil & Energy, NEC

Figure 3 : Projets et technologies de la Smart City de Yokohama en 2013

Source : composé par Leprêtre N.

CEMS et SCADA : pour une gestion optimisée de la consommation, production et stockage de l'énergie

Le CEMS qui constitue le cœur du démonstrateur a été développé par Toshiba et mis en service en décembre 2012 (JSCP, 2013-02-28). Il recueille l'ensemble des données énergétiques de tous les bâtiments, résidences, batteries (y compris VE) qui lui sont connectés (figure 4) afin d'optimiser l'offre (y compris solaire, éolien etc.) et la demande (consommation des ménages, commerces, entreprises) et d'effectuer les ajustements nécessaires, notamment à travers le D/R.

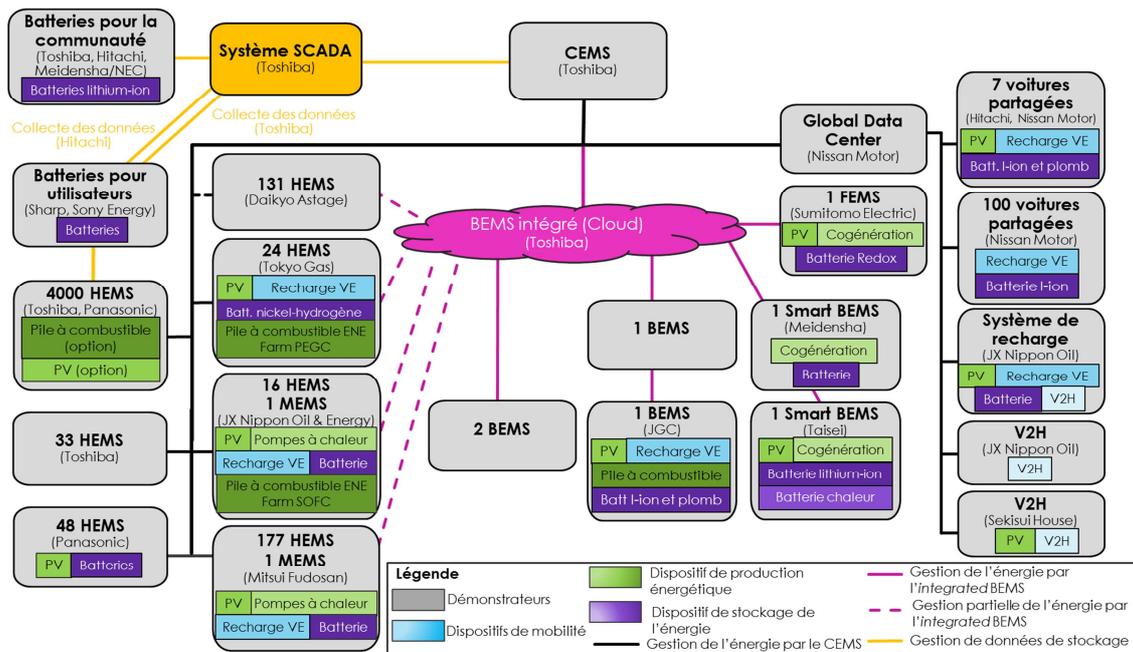


Figure 4: Dispositifs techniques connectés au CEMS de Toshiba

Réalisé par Leprêtre N. à partir des entretiens et documents disponibles

Une originalité de YSCP réside dans l'expérimentation de la « batterie SCADA » (Supervisory Control and Data Acquisition) développée par Toshiba en coopération avec plusieurs fabricants de batteries, compte tenu de la nécessité de concevoir et standardiser les interfaces (Figure 5). La batterie de stockage SCADA 1) assume que toutes les batteries disponibles dans la communauté, quelles que soient les spécifications techniques des différents fabricants, ne forment qu'une seule et même batterie virtuelle massive ; et 2) contrôle le chargement/déchargement de chaque batterie en fonction de la demande de la compagnie d'électricité ou du CEMS. Le système fonctionne de telle façon que, par exemple en cas de pic de consommation, l'opérateur du réseau peut tout simplement transmettre une commande de décharge à la batterie SCADA sans avoir à se préoccuper de l'état des différentes batteries.

Trois fonctions sont assignées à la batterie SCADA : les opérations quotidiennes, l'ajustement de l'offre et la demande de court terme (short cycle) et les opérations de surplus d'électricité⁷.

Les opérations quotidiennes portent sur la charge et décharge des batteries selon le principe suivant :

Le système SCADA envoie pour le jour suivant des requêtes quant aux capacités de stockage disponibles dans les batteries installées dans les maisons des consommateurs, building de commerces etc. et demande également combien ils veulent être payés du kWh pour les mettre à disposition. Les réponses permettent

⁷ Pour une présentation détaillée, voir JSCP, 2013-02-28 et JSCP 2014-03-27.

d'estimer le volume capacités de stockage existant et sur quelle période elles peuvent être utilisées librement. SCADA loue ces capacités et les charge quand la demande est faible. Par ailleurs, l'opérateur du réseau estime le manque d'électricité par rapport aux besoins en période de pic et envoie une requête à SCADA qui rassemble le volume équivalent au manque en sélectionnant parmi les capacités de stockage disponibles dans les différentes batteries d'abord celles dont le prix est le plus faible (prix par kWh stocké demandé par l'utilisateur de la batterie). La compagnie d'électricité peut ainsi combler le manque en déchargeant les batteries.

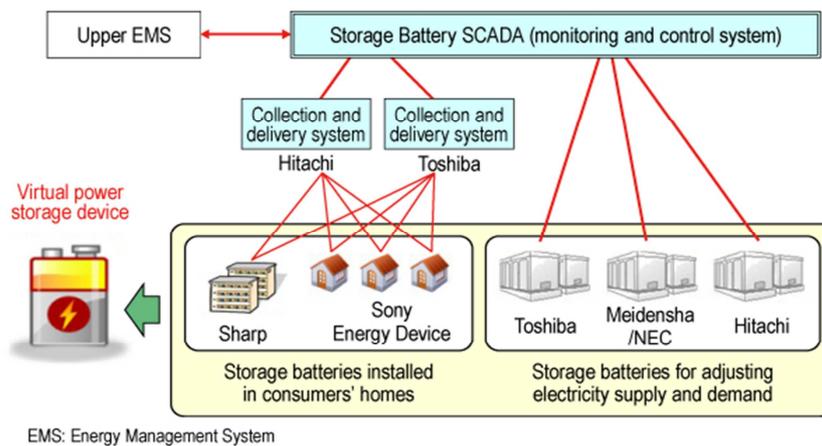


Figure 5: La batterie virtuelle SCADA

Source : JSCP 2014-03-27

La deuxième fonction vise selon le même principe à combler sur une courte période le manque d'électricité, notamment du fait de l'instabilité des énergies renouvelables. Dans ce cas, le temps de réactivité des centrales thermiques ou hydrauliques étant relativement long, la possibilité de jouer sur la décharge des batteries peut plus aisément permettre la stabilité du réseau. Enfin la troisième fonction concerne les cas d'urgence ou d'accident du réseau. Là encore la décharge des batteries peut permettre d'en minimiser les effets.

Les batteries connectées au réseau qui sont toutes des batteries lithium-ion incluent : celles fabriquées par Toshiba (300 kW-100 kWh), celles développés conjointement par NEC et Meidensha (250 kW-250 kWh), et celles de Hitachi (100 kW-100 kWh).

La différence entre les fabricants de batteries n'est pas sans poser de problèmes techniques, c'est pour cela que les entreprises qui participant au projet travaillent sur la standardisation de l'interface pour promouvoir ces normes au niveau international. C'est un enjeu majeur pour Toshiba qui compte bien commercialiser le système. La compagnie participe au comité technique « TC 57 » de la Commission Électronique Internationale (IEC) travaillant sur cette technologie. L'expérimentation de Toshiba ne se limite pas à Yokohama, elle est également répliquée aux Etats-Unis et dans le Tohoku (YSCP Promotion Council, 2014).

FEMS et BEMS : une gestion automatisée de l'énergie

Tandis que le volet « BEMS » comprend 6 bâtiments ou ensembles de buildings où des BEMS ont été installés par différentes sociétés, une seule expérimentation de FEMS est menée à Yokohama, mais celle-ci est de grande ampleur (figure 6).

L'usine Yokohama Works de l'entreprise Sumitomo Electric Industries qui fabrique des fibres optiques et autres composants électroniques et emploie 1 800 personnes sert de terrain d'expérimentation. Située sur une vaste zone de 400 000 m², l'usine est équipée de 2 installations de production d'électricité : 6 systèmes de cogénération au gaz et un système de production solaire à concentrateurs photovoltaïques. S'y ajoutent

des batteries de stockage de grande capacité (5 000 kWh) de type Redox Flow Cells. Le FEMS développé conjointement par Sumitomo Electric Industries et Meidensha permet une exploitation optimale de l'ensemble. Le FEMS tire en effet le meilleur des trois sous-ensembles (cogénération gaz, solaire et batteries) pour réduire la demande auprès de la compagnie d'électricité qui ainsi reste stable quelles que soient les pointes de consommation de l'usine⁸.

BEMS	Entreprise	Caractéristique	Dispositifs sociotechniques
3 BEMS Minato Mirai	Mitsubishi Estate, Marubeni, Mitsui Fudosan, Toshiba	Bureaux/ commerces soit 100 000 m ²	Visualisation, D/R, recueil données, automatisation éclairage... à travers BEMS intégré
Smart BEMS Totsuka	Taisei Corporation	Centre technologique de 6 000 m ² (bureau, laboratoire, etc.)	PV (40 kW) ; batteries lithium-ion (72 kWh) batterie de chaleur latente (33 kWh) ; système d'automatisation ; D/R
Smart BEMS Minato Mirai	Meidensha, NEC	Centre commercial « World Porters » de 100 000 m ² (restaurants, cinéma, magasins)	Système de cogénération ; batterie de stockage (100 kW) de NEC ; système d'automatisation ; D/R
BEMS Minami	JGC, JGC Information Systems	Centre commercial « Ito Yokado » de 10 000 m ²	PV (100 kW) ; batterie lithium-ion (50 kWh) et au plomb (300 kWh) ; pile à combustible (2 kWh) ; système d'automatisation ; système de V2B avec bornes de recharge ⁹ (université de Tsukuba) ; système de coupons ; D/R.
FEMS Sakae	Sumitomo Electric, Meidensha	Usine de fabrication de fibre et connecteurs optiques de 400 000 m ²	Système de cogénération (3 800 kWh) ¹⁰ ; PV (200 kW) ; batterie de stockage « redox flow » (5 000 kWh) ; D/R.

Figure 6: Expérimentations de BEMS et de FEMS à Yokohama en 2013

Sources : (JSCP, 2014-04-03, 2013-02-01, 2013-01-09, 2013-03-11; Ville de Yokohama, 2012b, p. 8)

Concernant les BEMS, il serait trop long de décrire chacune des expérimentations menées par les diverses compagnies qui participent à YSCP (figure 6). Mais ce qui est original à Yokohama repose sur l'existence d'un BEMS intégré (clustered BEMS). En effet, les BEMS sont regroupés et connectés en réseau à un centre de gestion multi bâtiments (*multi-building management centre*) qui agit comme une tour de contrôle pour coordonner conjointement la gestion de leur consommation/production d'énergie. Ce BEMS intégré est sous la responsabilité de Toshiba qui a pris en charge tous les aspects, du développement du système à son fonctionnement. Il vise à atteindre une optimisation maximale de la gestion énergétique par l'élargissement du système. Les 6 BEMS sont divisés en deux groupes à des fins de comparaison. Le premier groupe est composé de 3 buildings gérés conjointement, tandis que le deuxième est composé de 3 buildings gérés indépendamment les uns des autres. Les requêtes de DR envoyées par le CEMS sont ainsi filtrées par le centre de gestion multi-bâtiments et dispatchées vers chacun des buildings en fonction de leurs capacités d'économies (voir figure 7).

⁸ Pour plus de détails, voir par exemple JSCP 2014/04/04.

⁹ Il y a une borne de recharge rapide de Takaoka, trois bornes de recharge normale de Panasonic et deux i-MiEV.

¹⁰ Le système de cogénération était déjà présent avant le commencement de la smart community.

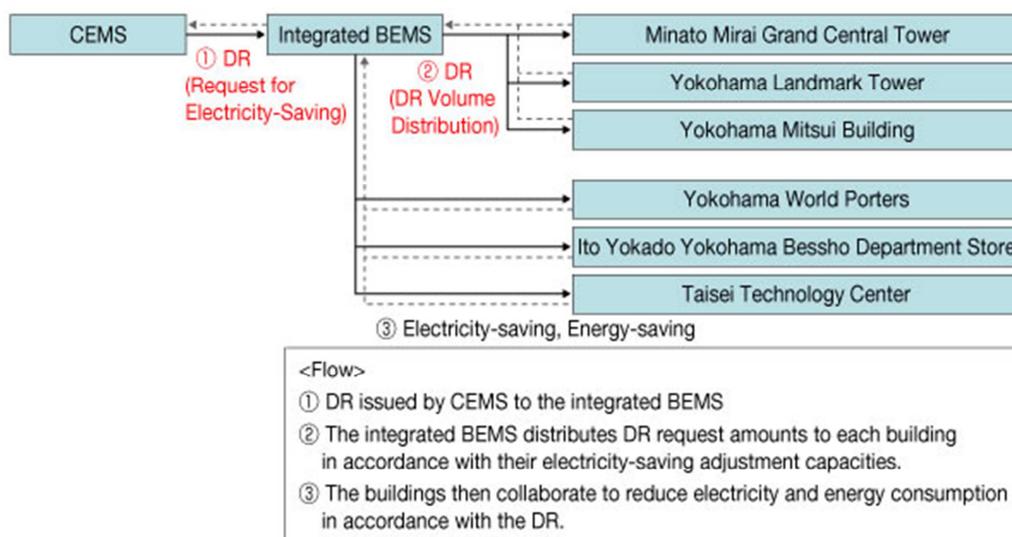


Figure 7: Le système de D/R du BEMS intégré

Source: JSCP 2014-04-15

Les HEMS, terrain de comparaison des dispositifs sociaux

Les HEMS de Yokohama, particulièrement nombreux, peuvent être divisés en trois groupes (Figure 8) :

- Les 4 000 HEMS mis en place par Toshiba et Panasonic : maisons individuelles et appartements

Cette expérimentation est la plus large des quatre smart communities que ce soit en termes quantitatif ou quant à la zone couverte puisque ces foyers sont répartis dans l'ensemble de la ville. Initialement, en 2011 les arrondissements centraux de Nishi et Naka et les arrondissements de Kanazawa et Aoba en périphérie (Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014) étaient les seuls visés, mais compte tenu de la difficulté à recruter les foyers volontaires qui au bout de deux ans d'expérimentations n'étaient encore que d'un petit millier, l'expérimentation a été étendue à l'ensemble de la ville (2012). La difficulté à recruter a été ainsi pointée par la municipalité tout comme par les entreprises en charge (Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014 ; Entretien Toshiba - 8 juillet 2013) non sans une certaine incompréhension compte tenu des conditions financières attractives : installation du dispositif pour seulement 10 000 yens¹¹. En 2014, les quatre mille foyers ont finalement été atteints¹² : 80% des ménages vivent en maisons individuelles et 20% en appartements (Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014). Environ 2 500 des HEMS ont été mis en place par Panasonic et les 1 500 autres par Toshiba¹³ (Entretien Toshiba - 10 juin 2014).

Les HEMS s'appuient sur un système de domotique développé et proposé dès 2002 sous le nom de Feminity¹⁴. Ce système a été adapté pour y ajouter les données énergétiques de la maison et devenir un HEMS. Les données énergétiques de même que les alertes de D/R sont consultables sur ordinateur, tablette et/ou smartphone.

Tous les ménages concernés ont été en contact avec la ville de Yokohama tout au long de l'expérimentation à travers des « focus groups » (2012), des enquêtes menées auprès des ménages et des réunions d'informations annuelles (2012 et 2013) (Entretien Toshiba - 6 mars 2013, Entretien Ville de Yokohama - 9

¹¹ Entre 70 et 100 euros selon le taux de change de l'époque.

¹² Il est probable que soient comptabilisés des foyers participants à des expérimentations d'abord indépendantes qui furent rattachées au CEMS dans un deuxième temps.

¹³ Panasonic dispose d'une expérience plus longue que Toshiba dans le commerce de la maison avec Pana-Home et d'un relai de vendeurs et boutiques plus important, habitués à vendre et installer cette technologie.

¹⁴ Toshiba est conscient que le nom n'est pas idéal, il ne dit pas grand-chose aux Japonais et est peu apprécié des étrangers.

juillet 2013). Ils peuvent aussi, en cas de besoin, appeler le centre d'appel ouvert par Toshiba. Celui-ci interagit avec les participants par mail ou par téléphone. En juin 2014, il y avait environ 3 500 inscrits¹⁵. Les ménages des expérimentations annexes (Isogo, Kohoku, Daikyo Astage, etc.) peuvent aussi s'inscrire mais il semble que peu le fassent, les contacts ayant plutôt lieu avec les acteurs de leurs propre expérimentation. De même les foyers des HEMS installés par Panasonic peuvent appeler le centre d'appel de Toshiba, mais si les questions concernent les équipements propres à Panasonic, ils peuvent se tourner vers celle-ci. Par contre pour tout ce qui est D/R, c'est le call center de Toshiba qui est compétent. Le nombre d'appels ou mail est très variable selon les mois, autour de quelques 180 à 300 appels et une petite centaine de mails par mois. La majorité de ces appels émanent de participants, notamment âgés, qui ne comprennent pas vraiment comment cela marche. Certains veulent abandonner car ils trouvent que c'est trop complexe ou qu'ils sont trop sollicités. D'autres au contraire très motivés appellent pour avertir d'une absence longue du domicile et donc d'une incapacité momentanée de participer.

- les HEMS dans des immeubles résidentiels

Ces expérimentations de plus petite taille menées relativement indépendamment par les sociétés qui en sont à l'origine, visent essentiellement à tester les comportements des individus face aux technologies et à recueillir des données utiles. Elles incluent les 131 HEMS de Daikyo Astage, installés dans des bâtiments anciens, les 177 HEMS de la résidence *Park Homes Okurayama* construite à cette occasion par Mitsui Fudosan à Kohoku, ou encore les 48 HEMS de Panasonic installés chez des retraités de la société. Prenons l'exemple des 177 HEMS de *Park Homes Okurayama* où deux systèmes différents de contrôle ont été mis en place : un Mansion Energy Management System (MEMS) pour les parties et infrastructures communes et des HEMS pour les appartements. Le MEMS développé par Toshiba et connecté au BEMS intégré contrôle l'air conditionné des parties communes, les lumières dans le hall et à l'extérieur, offre une visibilité du statut des chargeurs de VE, des PV et batteries de stockage. Quand la consommation croît¹⁶, un message de D/R est envoyé par mail aux habitants et la température de l'air conditionné des parties communes est augmentée de 25% (en été) et la luminosité diminue d'un cran sur 4. La résidence dispose de 2 VE partagés (réservation par téléphone ou ordinateur), dont le niveau de charge est relié au MEMS. Par ailleurs, un service de livraison à domicile de voiture est mis en place : il permet de réserver auprès d'une des compagnies de location une voiture qui est directement livrée à l'utilisateur. Mais il n'y a que 75 places de parking. Chaque appartement est muni d'un HEMS rattaché au CEMS qui envoie directement les requêtes de D/R. L'été, la température de l'air conditionné augmente alors de 2 à 3°C mais les occupants peuvent individuellement annuler l'opération si cela les dérange. Tous les acheteurs ou locataires de la résidence ont évidemment été informés des ces conditions avant d'emménager¹⁷.

- Les HEMS avec système de cogénération Ene-Farm

Ces expérimentations sociotechniques indépendantes visent principalement à tester le concept « produire localement/consommer localement ». Centrées sur un système de cogénération Ene-Farm¹⁸ développé conjointement par Panasonic et Tokyo Gas, le principe est testé dans une résidence de Tokyo Gaz construite en 2012 à Isogo (24 appartements munis de HEMS) et dans un foyer pour employés de JX Nippon Oil & Energy récemment entièrement rénové à Shiomidai (16 HEMS).

Prenons le cas de Isogo smart house (JSCP, 2012-10-14 et JSCP, 2014-01-24) : la chaudière Ene-Farm est la source principale d'énergie et 10 générateurs de 750 W chacun ont été installés ; s'y ajoutent un total de 140 panneaux solaires sur les toits (25 kW) et des systèmes partagés de chauffage de l'eau au gaz SOLAMO utilisant l'électricité solaire, sur le toit et sur le balcon du 2^{ème} étage. Le sous-sol abrite une batterie nickel-hydrogène (40 kWh) et un chargeur rapide pour VE. Les HEMS permettent de visualiser la consommation du

¹⁵ Entretien Toshiba - 10 juin 2014 au Call Center de Toshiba.

¹⁶ JSCP, 2012-11-08

¹⁷ 33 maisons individuelles à proximité de la résidence avaient semble-t-il été munies de HEMS avant la construction de celle-ci. Reliées au CEMS, elles disposent de la visualisation et du contrôle automatique de l'air conditionné.

¹⁸ La chaudière Ene-Farm est un système de cogénération par pile à combustible à partir du gaz. L'énergie perdue en chaleur lors de la production d'électricité, est récupérée pour chauffer l'eau, ce qui améliore le rendement.

ménage et de l'ensemble de la résidence. Un code de couleurs indique si l'hydrogène ou les PV suffisent à la consommation ou si un certain volume est acheté sur le réseau. Le système de contrôle des HEMS prévoit également les volumes de demande et de production d'électricité et d'eau chaude pour le jour et chaque ménage est averti sur son écran des heures de disponibilité d'électricité locale. Cette visualisation permet donc aux ménages de s'adapter. Pour les y inciter, un système de points échangeables contre des produits écologiques a été mis en œuvre. Par beau temps, 60% des besoins d'électricité ont pu être couverts par le fuel cell et les PV, tandis que 90% de l'eau chaude l'a été par la cogénération en été (moins en hiver)¹⁹. Menée indépendamment du CEMS, Isogo y a été rattaché ultérieurement afin de participer au D/R à partir de 2014.

HEMS	Acteurs	Dispositifs techniques
4 000 HEMS Yokohama	Toshiba, Panasonic, TEPCO ²⁰	HEMS avec visualisation ; PV ; Batterie lithium-ion (8kWh) selon les foyers ; contrôle automatique ; D/R sur une somme donnée.
177 HEMS Kohoku Appartements construits en 2012 (<i>Park Homes Okurayama</i>)	Mitsui Fudosan, Mitsui Fudosan Residential, Nissan Car Rental Solutions	1 MEMS, 177 HEMS avec visualisation ; PV (20 kW) ; batterie de stockage (30 kWh) ; pompe à chaleur ; 12 vélos et 2 voitures partagés ; contrôle automatique ; DR.
131 HEMS Quatre bâtiments à Minami, Konan, Aoba et Tsurumi	Daikyo Astage Consortium, Paltek	HEMS avec visualisation ; capteurs de mouvements ; DR.
48 HEMS Yokohama, Installation chez des employés et retraités	Panasonic	HEMS avec visualisation ; PV, batterie de stockage ; contrôle automatique ; conseils de consommation.
33 HEMS Kohoku, <i>Fine Court Okurayama</i> construit en 2010	Toshiba, Mitsui Fudosan Residential	HEMS avec visualisation ; contrôle automatique.
24 HEMS Isogo, Construit en 2012	Tokyo Gas, NTT Facilities, NTT Docomo	HEMS avec visualisation (électricité, gaz) ; PV (25 kW) ; cogénération ENE Farm (7,5 kW) ; accumulateur nickel-hydrogène (40 kWh) ; contrôle automatique ; borne de recharge rapide pour les VE ; DR.
16 HEMS Isogo, Construit en 1966, rénové en 2012	JX Nippon Oil & Energy	1 MEMS et 16 HEMS avec visualisation ; PV (20 kW) ; cogénération ENE Farm (4,2 kW) ; batterie de stockage (30 kWh) ; deux pompes à chaleur (4,5 kW) ; station de recharge pour VE ; DR.

Figure 8: Expérimentations de HEMS connectées au CEMS à Yokohama en 2014

Sources : (Entretien Toshiba - 26 mars 2014 ; Entretien Toshiba - 8 juillet 2013 ; JSCP, 2015-01-23, 2014-01-24, 2012-10-14, 2012-11-08 ; Ville de Yokohama, 2012 ; composé Leprêtre N.

4. La gouvernance de YSCP et le rôle des acteurs

Selon Accenture qui était impliqué dans la rédaction du projet, les initiateurs de la smart city avaient d'abord envisagé pour piloter le projet, de créer une entreprise à vocation spécifique (*special purpose company*). Cette société était d'ailleurs mentionnée dans la réponse à l'appel d'offre sous le nom temporaire de « compagnie YSCP », mais l'idée n'a finalement pas été retenue (Entretien Accenture - 12 juin 2014; Ville de

¹⁹ Dans le foyer pour employés de JX Nippon Oil & Energy (16 HEMS), le taux d'autoproduction d'électricité a atteint 62%. Il est prévu d'atteindre à terme 80% grâce à des batteries de stockage notamment (JSCP, 2014-01-24)

²⁰ TEPCO est en charge d'installer les boîtiers communicants et des adaptateurs Toshiba pour transmettre l'information du boîtier communicant vers le HEMS (Entretien Toshiba - 6 mars 2013)

Yokohama, 2010a). A la place, c'est un conseil de promotion qui a été créé, conseil qui en fait englobe toute la structure de gouvernance (Figure 9).

La structure officielle de la smart city

Le conseil de promotion est composé de deux organes exécutifs, le comité exécutif (*un'ei kaigi*) et le conseil d'administration (*kanjikai*). Le comité exécutif est en charge de la coordination générale du projet, avec l'aide d'Accenture. Il est composé de la mairie de Yokohama, en charge de la coordination de la politique et de Toshiba, leader du consortium d'entreprise, qui coordonne les projets. Dans certains documents, Accenture possède l'appellation de « PMO » (*Project Manager Office*) et selon la responsable que nous avons rencontré, l'entreprise gérerait la stratégie, la planification et les initiatives nouvelles (Entretien Accenture - 12 juin 2014). TEPCO a enfin un statut « d'observateur ».

Le conseil d'administration est composé de huit membres : Accenture, Nissan Motor, Meidensha, Panasonic, TEPCO, Tokyo Gas, Toshiba et la ville de Yokohama (Entretien Toshiba - 26 mars 2014). Il se réunit tous les mois, précédé d'une réunion du comité exécutif qui décide des sujets qui y seront abordés. Le rôle du conseil d'administration est essentiellement de permettre un échange entre les entreprises qui mènent le projet et d'approuver les décisions prises au sein de chaque groupe de travail²¹ (Entretien Panasonic - 11 juillet 2014). Quatre groupes de travail (WG) ont en effet été mis en place : le groupe CEMS qui inclut le système SCADA, et les groupes HEMS, BEMS et Transport. Chacun de ces groupes de travail rassemble les projets qui correspondent au secteur d'activité. Ces groupes qui rassemblent dix à vingt personnes dont des personnes de la mairie de Yokohama, se réunissent également une fois par mois indépendamment les uns des autres.

Les réunions des groupes de travail ne sont pas l'objet de retour d'expérience sur les résultats propres à chacune des expérimentations menées séparément (Entretien Panasonic - 11 juillet 2014), concurrence entre les firmes porteuses des différents projets oblige²². Les groupes n'interviennent donc pas dans la réalisation concrète propre à chaque expérimentation et si des questions techniques peuvent être discutées quant aux interfaces notamment, les réunions visent principalement à fixer les objectifs généraux ou des éléments de calendrier comme la fréquence du D/R par exemple, même si Toshiba garde une forte ascendance sur le rythme de ces vérifications (Entretien Toshiba - 26 mars 2014, Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014; Entretien JGC - 12 juin 2014).

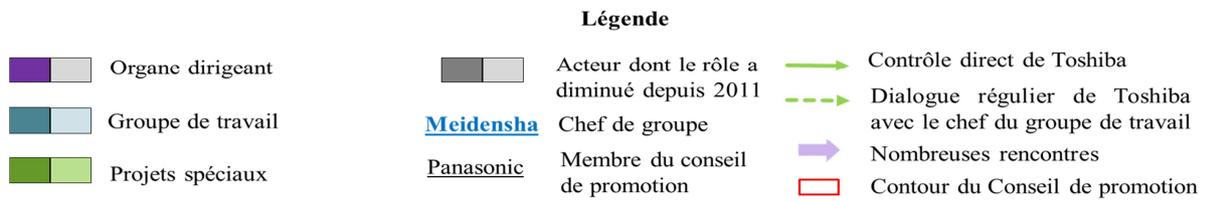
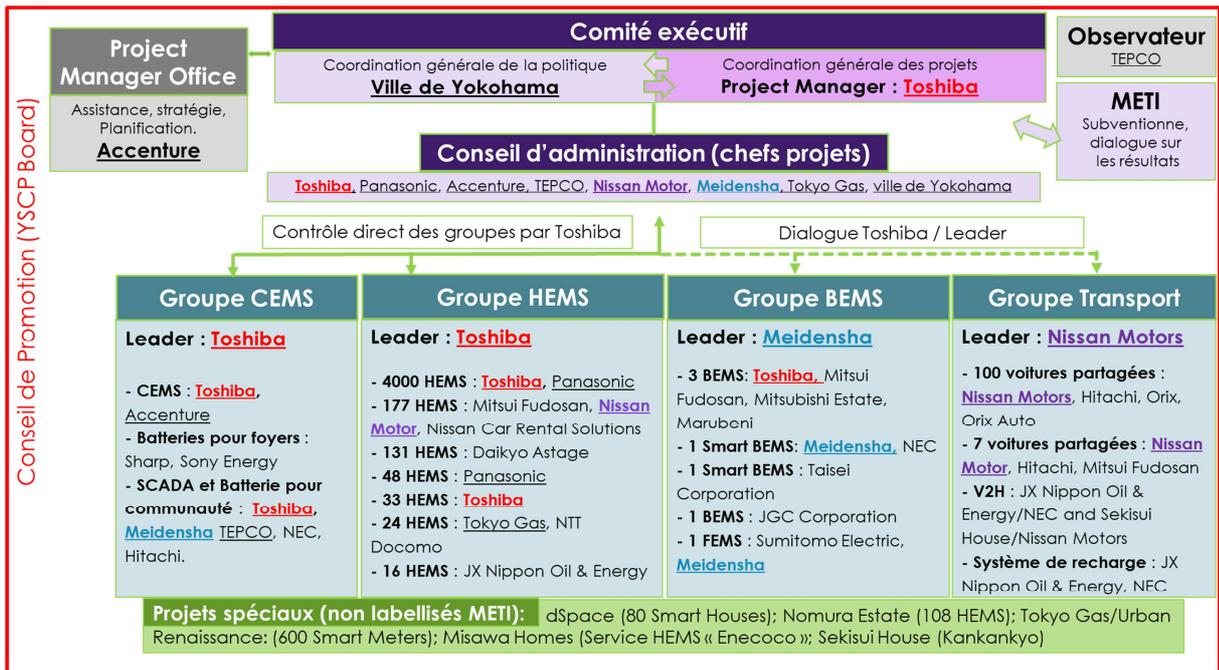
Chaque groupe est animé par un chef de groupe : Toshiba pour les groupes CEMS et HEMS, Meidensha pour le groupe BEMS et Nissan Motor pour le groupe Transport. Les chefs de groupes transmettent un rapport au conseil d'administration et par ailleurs dialoguent directement avec Toshiba.

Bien qu'il n'y ait pas de structure formelle (de groupe spécifique) pour les questions sociales, des réunions de revue des projets sociaux pilotes (*social pilot project review meeting*), impliquant plusieurs entreprises, ont lieu une ou deux fois par mois. C'est notamment le cas pour ce qui concerne les quatre mille HEMS au sujet desquels se réunissent Toshiba, Accenture, Panasonic, TEPCO, la ville de Yokohama et des chercheurs de l'université de Kyoto (équipe du Pr. Ida).

Enfin, plusieurs projets dits « spéciaux » sont mentionnés dans les divers organigrammes. Ces projets, soutenus par la ville de Yokohama, ne sont cependant pas labellisés par le METI. Ils sont donc menés en marge de YSCP sans financement METI au titre de YSCP.

²¹ Les objectifs généraux ont en fait déjà été fixés lors de l'obtention de la subvention de l'expérimentation par le METI et diverger de ces objectifs implique de lourdes procédures administratives (Entretien Panasonic - 11 juillet 2014).

²² ce qui n'empêche pas un échange d'expérience entre les entreprises dans d'autres cadres plus ou moins informels, comme la *Japan Smart Community Alliance* par exemple.



**Figure 9 : Gouvernance de la Smart City de Yokohama depuis 2011 :
La structuration du Conseil de promotion**

Réalisé par Leprêtre N. à partir des entretiens et documents disponibles

Le rôle des acteurs : une coordination bicéphale

Comme la figure 9 qui résume cette organisation le montre, la gouvernance s’articule autour de deux acteurs clés : la municipalité de Yokohama et Toshiba.

En tant que leader du consortium, Toshiba suit chaque projet et a des contacts hebdomadaires avec de nombreuses entreprises (Entretien Toshiba - 26 mars 2014). A la tête des groupes CEMS et HEMS, Toshiba gère aussi une expérimentation dans le groupe BEMS et est en contact régulier avec Meidensha et Nissan Motor pour suivre l’évolution des projets, régler les problèmes et analyser les données. Cependant, la position de Toshiba n’est pas pour autant hégémonique car comme le soulignent des responsables de la mairie de Yokohama, Toshiba doit s’arranger avec d’autres entreprises influentes telles que Panasonic et Nissan Motor pour n’en citer que quelques-unes (Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014).

Côté municipalité, le département des politiques de lutte contre le réchauffement climatique est en charge de la coordination générale de la politique et du suivi des différents projets. Il coordonne YSCP avec les autres programmes environnementaux, fait la promotion de la smart city, à l’échelle locale, nationale et internationale, mais aussi attribue des subventions à l’achat de véhicules électriques ou encore organise les rencontres avec la population pour expliquer le D/R. Deux services sont plus particulièrement impliqués, le service de la planification et coordination d’une part et le service de promotion des projets d’autre part. Le premier définit et coordonne les stratégies de la ville et supervise l’ensemble, tandis que le second suit concrètement chaque projet, participe aux réunions des groupes de travail, etc.

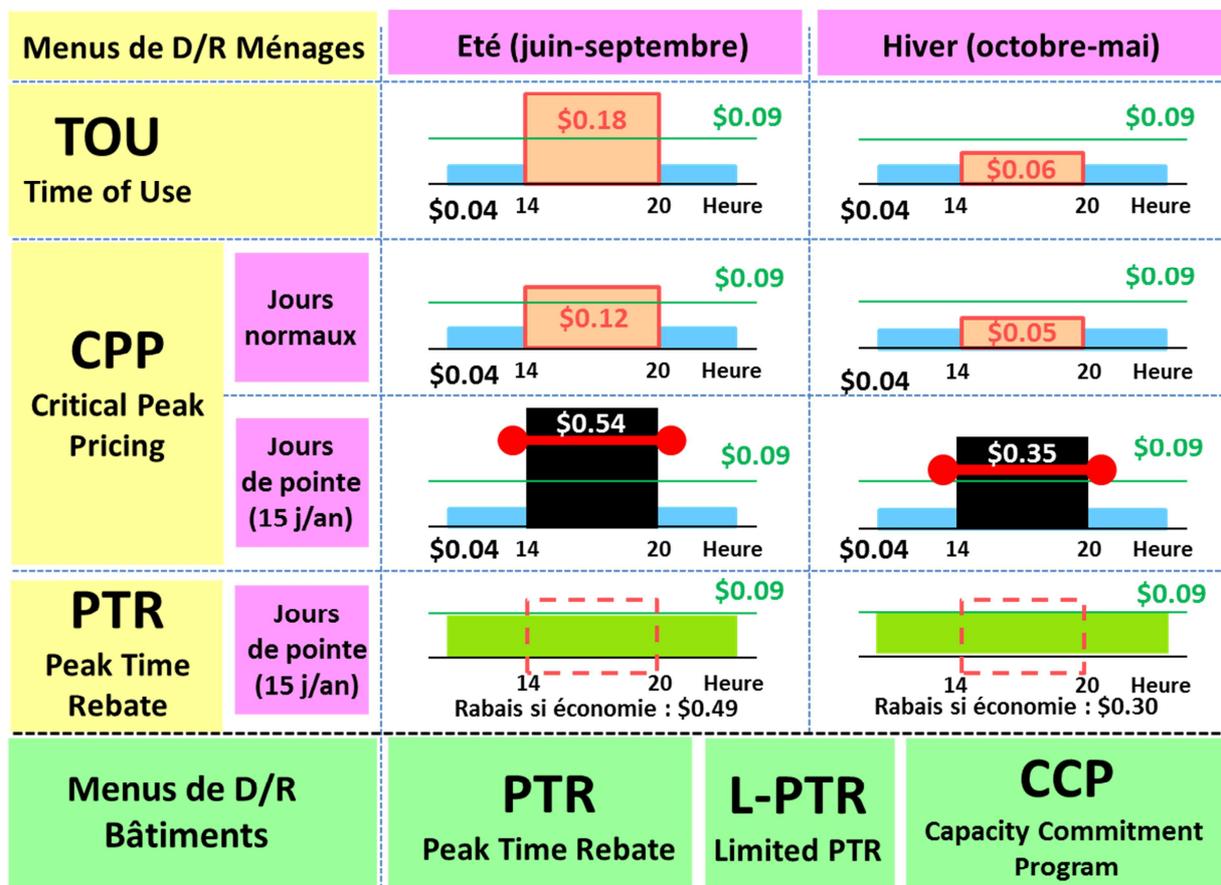
Cette direction bicéphale se traduit par une forte collaboration entre la ville de Yokohama et Toshiba : les deux acteurs se rencontrent une fois par semaine et échangent quotidiennement par email ou d'autres moyens de communication. La ville de Yokohama est ainsi l'acteur que Toshiba rencontre le plus, ce qui traduit la position proactive de la municipalité au sein de ce projet. Ce constat n'est toutefois pas partagé par les membres de Nissan Motor que nous avons rencontrés, pour qui il n'y aurait pas vraiment de leadership général (Entretien Nissan - 10 juin 2014). La ville pourrait prétendre à ce rôle mais ne souhaiterait pas l'endosser. Ce point de vue est révélateur de la relative indépendance du groupe transport au sein du démonstrateur, seul groupe dans lequel Toshiba n'est pas présent. Si le V2X fait bien partie du projet YSCP, rappelons que l'expérimentation d'autopartage Choi Mobi (voir point 6 ci-après) a été lancée et financée dans le cadre du projet YMPZ (MLIT + METI pour les chargeurs). Techniquement les données émanant des VE sont d'abord rassemblées par le centre de données de Nissan avant d'être communiquées au CEMS, ce qui contribue sans doute également à la relative indépendance du groupe transport.

La figure 9 montre également que les universités ou chercheurs sont très peu impliqués et les ONG totalement absentes. Outre l'Université de Kyoto qui est concernée par YSCP au même titre que dans les autres smart community, puisque l'équipe du Professeur IDA est en charge pour le METI du traitement et de l'analyse des données du D/R, seul le Tokyo Institute of Technology figure parmi les membres. Cette absence n'empêche cependant pas les entreprises de collaborer avec des universitaires pour le développement de certaines technologies, comme c'est le cas pour JGC avec l'université de Tsukuba par exemple (Entretien JGC - 12 juin 2014).

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

Les incitations au changement de comportement mises en œuvre à Yokohama sont originales du fait de la variété des types de D/R qui sont expérimentés. En outre, le nombre de HEMS, BEMS connectés ainsi que le BEMS intégré et la batterie SCADA confèrent à l'expérimentation une place à part. En effet, tout ceci permet de tester le D/R sur un large échantillon de ménages mais aussi de sociétés, commerces etc. et avec une variété de formes et menus qui constituent autant d'opportunités pour analyser comment entreprises comme particuliers peuvent s'adapter aux injonctions de réduction de consommation pendant les périodes de pointe que ce soit avec production autonome et stockage d'électricité (solaire, cogénération...) ou simplement modification des comportements (baisse air conditionné, lumières, charge/décharge VE...).

Cinq différentes formes de tarification ont été testées, regroupées en deux « menus » (figure 10) : le premier renvoie aux niveaux de prix (*Time of Use* – TOU et *Critical Peak Pricing* – CPP) et le second à des incitations à la baisse de consommation (*Peak Time Rebate* – PTR ; *Limited Peak Time Rebate* – L-PTR ; *Capacity Commitment Program* – CCP). Précisons que les menus « incitatifs » sont à destination des BEMS et des stations de recharge des véhicules électriques, bien qu'initialement il avait été envisagé de les proposer également aux ménages. Par rapport au PTR (rabais sur le prix de l'électricité économisée pendant la pointe), le L-PTR introduit le principe du rabais en fonction du respect d'un objectif à atteindre (le rabais n'est pas payé si la consommation est supérieure à la cible fixée), tandis que le CCP propose un système d'enchères seulement aux entreprises qui s'engagent sur un certain montant d'économie d'énergie.



\$0.09 : tarif conventionnel

Figure 10 : Plan d'expérimentation du Demande/Réponse à Yokohama

Source : d'après HABUKA Shunichi, 2013

Les requêtes de D/R auprès des BEMS

Une première série de 6 requêtes a été mise en œuvre sur 7 jours entre le 9 et le 20 janvier 2013 sur 6 bâtiments, après de premiers tests positifs menés en décembre 2012 sur la capacité des bâtiments concernés à économiser de l'énergie, conduisant sur l'ensemble des BEMS à une réduction de 3 000 kWh à 2 600 kWh, soit un gain de 400 kWh, grâce aux énergies alternatives, aux batteries de stockage et au BEMS intégré (*clustered BEMS*) qui coordonne les actions de l'ensemble des 6 BEMS (JSCP, 2013-02-01).

Parallèlement le Taisei Technological Center a développé une fonction intelligente de contrôle de l'énergie, dans le cadre de son site accueillant 5 bâtiments aux rythmes de consommation différents (bureaux, laboratoire, informatique,...), intégrant la gestion de la production de l'électricité, son stockage et son usage (JSCP, 2013-02-01). Cette gestion s'appuie sur des capteurs de présence dans les bureaux pour adapter l'éclairage ou l'air conditionné.

La première campagne s'est déroulée du 9 au 20 janvier 2013 sur 7 jours, sur la période 17h-20h, sur la base d'un PTR (4 niveaux de prix testés). Les résultats montrent une économie moyenne de 17%, avec un maximum de 22%.

Une seconde campagne a été conduite sur 22 jours entre juillet et septembre 2013, avec une tarification variable de 5, 15 et 50 yens par kWh, sur la période 13h-16h (jours de semaine seulement), dès lors que la température prévue dépassait les 30°C. À l'hiver 2013, le nombre de bâtiments est passé de 6 à 14. Le taux de réduction maximal a été de 22,8% (en été comme en hiver), correspondant à la tarification de 15 yen/kWh (figure 11).

Tarif virtuel	Taux de réduction de la consommation électrique	
	Moyenne	Maximum
5 yens / kWh	2,1 %	6,6 %
15 yens / kWh	12,2 %	22,8 %
50 yens / kWh	12,7 %	22,0 %

Figure 11 : Résultats du D/R sur les BEMS entre juillet et septembre 2013 à Yokohama

Source : JSCP, 2013-02-28

Durant l'hiver 2013, les tests de Demande/Réponse ont concerné le Capacity Commitment Program (CCP), un dispositif dans lequel chaque consommateur s'engage sur un niveau d'économie d'énergie et reçoit une incitation financière s'il satisfait à ses engagements. Il s'agit donc d'une sorte de réponse à appel d'offre avec enchères (*Single Price Auction*), puisque chaque consommateur déclare le niveau d'incitation financière qu'il désire pour atteindre la réduction de consommation demandée, et l'administrateur du BEMS est ainsi en mesure de choisir l'offre la moins coûteuse.

Cette solution est présentée comme plus intéressante que le PTR. En effet, les résultats en termes d'économies d'électricité sont variables selon les jours, tandis qu'avec les enchères on peut obtenir des économies plus stables, du même ordre qu'une tarification à 10 yens, et globalement moins coûteuses. Cela permet en outre de maximiser l'utilisation des sources d'énergie alternative (solaire, chaleur,...) et donc de mieux les rentabiliser.

Au niveau de chaque BEMS, diverses expériences ont été menées pour voir comment satisfaire aux exigences de réduction de consommation lors des requêtes. Pour le Yokohama World Porters, grand centre commercial situé dans le quartier de Minato Mirai (210 magasins et restaurants, 8 salles de cinéma, parking de 1 000 places), la société Meidensha a développé un programme de gestion de l'air conditionné, en s'appuyant sur la cogénération et les batteries de stockage, permettant de réduire de 40 % la quantité d'électricité achetée sur le réseau en période de requête (JSCP, 2014-04-21). De même, le groupe JGC a également développé pour le grand magasin Ito Yokado Bessho situé à Minato Mirai, une procédure de gestion de l'air conditionné pour l'été 2013, à partir des panneaux photovoltaïques (100 kW) et des batteries de stockage (350 kWh). L'aspect automatique du basculement d'une alimentation réseau aux sources d'énergie propres introduit une simplification appréciée lors des requêtes de Demande/Réponse. Cependant, les objectifs de réduction à atteindre proposés par le CCP sont moins appréciés que le PTR, parce qu'il y a toujours le risque de ne pas pouvoir les atteindre et donc de ne pas récupérer les incitations financières (le PTR serait moins risqué pour les utilisateurs)²³.

Les requêtes de D/R auprès des ménages

En fonction du rythme d'installation des HEMS, un recrutement de ménages en vue des expérimentations de Demande/Réponse s'est fait progressivement depuis le début du projet : 80 foyers en 2010, 680 en 2011, 2 500 en 2013, dont 1 900 connectés au CEMS, ce qui a permis de lancer la première campagne de requête sur 14 jours du 1er juillet au 27 septembre, entre 13 et 16h. La principale difficulté a été de convaincre les ménages de participer à ces tests, malgré un dispositif financier incitatif (1 900 ménages volontaires sur les 3 500 équipés de HEMS). En effet, les subventions sont plus élevées si l'on accepte de participer à l'expérimentation de D/R. L'installation du HEMS coûte 160 000 yens (1 200 €), somme réduite via les subventions locales et nationales à 50 000 yens (378 €) sans participation, et à 10 000 yens (75 €) avec participation²⁴.

²³ Commentaire fait par nos interlocuteurs lors de la visite à JGC (Entretien JGC - 12 juin 2014)

²⁴ Entretien Toshiba - 8 juillet 2013

Une première campagne de requêtes a été lancée à l'été 2013, les ménages étant informés via ordinateur, tablette et/ou smartphone, des jours de requête et des tarifs appliqués. Il s'agit ici de prix fictifs, sachant que chaque ménage participant à l'expérimentation reçoit un capital initial de 10 000 yens, qui est progressivement diminué en fonction des consommations pendant la pointe (chaque kWh consommé induit le retrait d'un certain nombre de points), le solde à l'issue de la campagne étant reversé au ménage.

Ce test a concerné 1 200 ménages équipés d'un HEMS et de panneaux photovoltaïques, donc des « *prosumers* » en situation de revendre leur surplus d'électricité. Deux niveaux de CPP ont été appliqués : 60 et 100 yens. La répartition des ménages a été la suivante (figure 12) :

Groupe de contrôle 353 ménages	Refus de participer (32 ménages)
	Tarif plat (164 ménages)
	TOU (157 ménages)
CPP à 60 yens 427 ménages	Refus de participer (26 ménages)
	Tarif plat (211 ménages)
	TOU (190 ménages)
CPP à 100 yens 422 ménages	Refus de participer (31 ménages)
	Tarif plat (210 ménages)
	TOU (181 ménages)

Note : le tarif plat est fixé à 25 cents/kWh sur l'ensemble de la journée. Le TOU comprend les tranches et niveaux de prix suivant : de 0h à 7h : 12 cents – de 7h à 10h : 25 cents – de 13h à 17h : 38 cents – de 17h à 23h : 25 cents – de 23h à 24h : 12 cents²⁵

Figure 12 : Répartition aléatoire des 1 202 ménages pour le D/R d'été 2013

Source : IDA et al., 2015

L'analyse économétrique conduite par le professeur Ida et ses collègues donne un résultat surprenant. En effet, comme le montre la figure 13, le taux de réduction de consommation pendant la pointe reste modeste, comparativement à ce que d'autres études ont pu montrer²⁶, annonçant des réductions de consommation en pointe de 13 à 20%.

Les auteurs expliquent ce faible impact par le fait que l'échantillon est volontairement limité aux ménages équipés de panneaux photovoltaïques, c'est-à-dire à des ménages capables de produire leur propre électricité et de la revendre au réseau via le Feed-In Tariff, source de revenu plus rémunératrice que les points. Ainsi, l'effort de réduction observé en pointe serait le quart de celui de ménages non équipés de PV.

	Ensemble	Panel tarif plat	Panel TOU
CCP à 60 yens	2,71%	3,05%	2,38%
CCP à 100 yens	3,83%	4,10%	3,61%
Nombre d'observations	290 011	152 385	137 725

Figure 13 : Impact du CPP sur la consommation d'électricité (élasticité au prix)

Source : d'après IDA et al., 2015

²⁵ Précisons qu'à l'époque de la publication de cet article, le cours était approximativement d'un dollar US pour 100 yens, soit 1 yen équivalent à 1 cent américain.

²⁶ Voir notamment [cités par Ida et al.]: Faruqi, A. and S. Sergici (2010) "Household Response to Dynamic Pricing of Electricity: A Survey of 15 Experiments." *Journal of Regulatory Economics* 38: 193–225 Ou : Ito, K., T. Ida, and M. Tanaka (2015) "The Persistence of Moral Suasion and Economic Incentives: Field Experimental Evidence from Energy Demand." *NBER Working Paper Series*, Working Paper 20910.

Les résultats (figure 14) montrent que le CPP peut avoir un effet significatif sur la réduction de consommation, et serait donc plus efficace que le simple TOU. Cependant, selon les jours, les niveaux de réduction sont très variables (de 1 à 15%), ce qui a conduit, d'une part à améliorer le modèle de prévision de consommation par l'accumulation de données depuis les HEMS et BEMS (erreur réduite de 10% en 2012 à 5% fin 2013), d'autre part à définir la campagne de D/R de 2014, étendue à 4 000 ménages équipés de HEMS (et certains de PV).

(en yens/kWh)	0h-8h	8h-13h	13h-16h	16h-23h	23h-24h	Taux de réduction maximal
CPP 1	11,82 Y	19,3 Y	60 Y	19,3 Y	11,82 Y	Env. 10%
CPP 2	11,82 Y	13,91 Y	100 Y	13,91 Y	11,82 Y	Env. 15%

Figure 14 : Résultats des requêtes de D/R sur 1 200 ménages à l'été 2013 à Yokohama

Source : JSCP, 2014-06-18

En 2014, le nombre de ménages participants a été porté à environ 3 500 répartis en plusieurs groupes également (figure 15). Il n'a cependant pas été possible d'obtenir les résultats détaillés de cette campagne menée pendant 2014 (FY).

Participants by demonstration type		Configuration	Fee menus and demonstration overview
Households participating in demonstration Approx. 3500 households	Ordinary households Approx. 3300 households	HEMS + solar panel Approx. 1900 households	Fee systems: 1 CPP, 2 TOU Aggressive energy saving will be requested. Results will be compared to those of last year's demonstration.
		HEMS only Approx. 1400 households	Fee systems: 1 CPP, 2 TOU, 3 PTR Three fee systems are offered to measure the effects of different fee systems.
	Households with automatic control devices Approx. 200 households	HEMS + solar panel, etc. Approx. 200 households	Fee systems: 1 CPP, 2 TOU The effects of automatic control are also measured..

Figure 15: Répartition des ménages pour le D/R de 2014

Source: Toshiba (Press Releases), 2014, To investigating demand response and consumer incentives in the retail electricity market, 10 Jul. [on line] http://www.toshiba.co.jp/about/press/2014_07/pr1001.htm

Le développement du Demande/Réponse automatique

A l'instar d'autres pays en Europe et des Etats-Unis, le Japon vise à développer le principe de demande/réponse automatique, c'est-à-dire d'un système capable de gérer la consommation par une action directe sur les équipements (air conditionné, éclairage, batteries de stockage...), ceci afin de « libérer » les consommateurs de la charge de répondre manuellement à l'instant t à une requête de D/R. Une telle possibilité serait de nature à pérenniser les réductions de consommation pendant la pointe, les expérimentations montrant que l'effort consenti par les clients (et notamment les ménages) tend à décroître dans le temps. Néanmoins, plusieurs acteurs dont Toshiba ont souligné le risque de renoncer à la sensibilisation des ménages à la consommation d'énergie en cas d'automatisation, justifiant le maintien du D/R manuel dans un premier temps.

Qu'il s'agisse des ménages ou des entreprises, la mise en œuvre d'une réponse automatique aux requêtes de D/R pose la question de la nature du contrat avec le fournisseur d'électricité. Dans ce cadre, deux options sont possibles pour l'introduction de tels contrats. La première, dite « opt-in » est de proposer un contrat classique, laissant le client choisir la clause de réponse automatique. La seconde « opt-out » suggère d'intégrer la clause de D/R automatique dans la version de base du contrat, quitte à ce que le client fasse la démarche de demander à supprimer cette clause.

Divers travaux semblent montrer qu'il faudrait privilégier la seconde option pour développer la réponse automatique, le consommateur marquant une certaine « passivité » (difficulté des démarches pour modifier son contrat par rapport à la version standard proposée).

Synthèse des résultats

Les tableaux ci-dessous présentent quelques résultats significatifs par dispositif, prenant en compte à la fois les effets des requêtes de D/R et des équipements installés.

BEMS	Entreprise	Caractéristique	Résultats significatifs
3 BEMS Minato Mirai	Mitsubishi Estate, Marubeni, Mitsui Fudosan	Bureaux, soit 100 000 m ²	-11,1% en période de pic l'hiver 2012. Peu de différence par rapport au prix de l'électricité.
Smart BEMS Totsuka	Taisei Corporation	Centre technologique de 6 000 m ² (bureau, laboratoire, etc.)	-33 % à 50 y/kWh (-14% gaz) en période de pic en 2013.
Smart BEMS Minato Mirai	Meidensha, NEC	Centre commercial « World Porters » de 100 000 m ² (restaurants, cinéma, magasins)	-30 à -40 % en période de pic en 2013.
BEMS Minami	JGC, JGC Information Systems	Centre commercial « Ito Yokado » de 10 000 m ²	Jusqu'à -22,2% en période de pic (expérimentation sur les 6 BEMS).
FEMS Sakae	Sumitomo Electric, Meidensha	Usine de fabrication de fibre et connecteurs optiques de 400 000 m ²	-28 % (15 y/kWh) en période de pic en 2013

Figure 16 : Synthèse des résultats du Demande / Réponse sur les BEMS

Le D/R, couvrant les six BEMS et le FEMS (figure 16), s'est déroulé en 2013 et 2014 (JSCP, 2013-02-28), expérimentant différents systèmes d'incitation : en hiver 2013, avec le système CPP²⁷, la moyenne de réduction obtenue a été de 17,0%, avec une réduction de 11,1% pour les trois BEMS sans contrat de réponse automatique, et de 22,2% pour ceux avec ce type de contrat (Ville de Yokohama, Press Release 2013-10-24). L'été de la même année, avec les systèmes PTR et PTR Limité²⁸, la moyenne de réduction obtenue – 12,2% – fut plus faible. L'hiver et l'été 2014, le système CCP fut testé. En outre, à partir de l'été 2014 sont inclus dans le D/R d'autres bâtiments²⁹ et un septième « Smart BEMS » de Shimizu Corporation (Ville de Yokohama, Press Release 2014-06-30)³⁰.

²⁷ La variation de prix s'étendait de 10 à 80 yens/kWh entre 17h et 20h en hiver. La différence de prix du kw/h proposé comme pénalité n'est pas apparue significative (Entretien Toshiba - 8 juillet 2013).

²⁸ L'écart de prix était de 5 à 50 yens/kWh entre 13h et 16h. La réduction fut d'environ 12% pour un prix du kilowatt heure de 15 yens et de 50 yens.

²⁹ Le centre de convention Pacifico Yokohama, le système de chauffage et de refroidissement de Minato Mirai 21, le bureau de l'alimentation en eau et deux usines d'épuration, le bureau de création environnementale de la ville avec trois centres de récupération d'eau et quatre bâtiments des locaux de la municipalité.

³⁰ Celui-ci possède une batterie de stockage et un système de recharge pour véhicule électrique (YSCP Promotion Council, 2014, p. 24). Un autre BEMS est également avancé dans les documents officiels bien qu'il ne soit pas officiellement relié à l'expérimentation :

Pour le D/R dans les HEMS (figure 17), les foyers sont répartis en groupe en fonction de leurs caractéristiques technologiques – présence de PV, de batterie de stockage³¹ –. Trois catégories de D/R sont expérimentées pour comprendre le comportement des foyers en période de pic avec un capital de départ de 10 000 yens qui augmente et diminue selon la consommation (JSCP, 2013-02-28)³². Les épisodes de D/R ont commencé en 2011, avec une réduction de 20% de la consommation entre avril et juillet 2011, qui s’explique aussi par le contexte de baisse générale après Fukushima³³. C’est à partir de l’été 2013 que l’expérimentation a vraiment pris forme³⁴. Les résultats indiquent une diminution jusqu’à 15,2% (Ville de Yokohama, Press Release 2013-10-23).

HEMS	Entreprise	Résultats significatifs
4 000 HEMS Yokohama	Toshiba, Panasonic, TEPCO ³⁵	en 2013, -15% de peak shift avec PV et CPP à 100 points (2 100 HEMS).
177 HEMS Kohoku Appartements construits en 2012 (<i>Park Homes Okurayama</i>)	Mitsui Fudosan, Mitsui Fudosan Residential, Nissan Car Rental Solutions	CO ₂ réduit de 18,4% D/R : réduction de consommation de 5,0% en été et de 8,2% en hiver
131 HEMS Quatre bâtiments à Minami, Konan, Aoba et Tsurumi	Daikyo Astage Consortium, Paltek	Economie d’énergie de 10% (été et hiver – 2013-2014)
48 HEMS Yokohama Installation chez des employés et retraités	Panasonic	-14% d’économie d’énergie ; près de 75% d’auto-suffisance énergétique ;
33 HEMS Kohoku <i>Fine Court Okurayama</i> construit en 2010	Toshiba, Mitsui Fudosan Residential	système automatique de contrôle de recharge des batteries : gain de 4 yens/jour avec le PV et 11 yens avec PV et cogénération
24 HEMS Isogo Construit en 2012	Tokyo Gas, NTT Facilities, NTT Docomo	CO ₂ : -38% - réduction de 58% du besoin d’énergie en période de D/R avec le fuel cell. Réduction d’énergie primaire de 7%
16 HEMS Isogo Construit en 1966, rénové en 2012	JX Nippon Oil & Energy	Production autonome de 62 à 76% (dont 42% par ENE-Farm -50% d’émissions de CO ₂).

Figure 17 : Synthèse des résultats du Demande / Réponse sur les HEMS

Source : JSCP, 2015-05-18, 2014-06-04, 2014-01-24

il s’agit d’un hôpital de l’arrondissement de Minami (Ville de Yokohama, 2 Press Release 2014-06-30). Un système de maintenance reliant par une ligne spéciale cet hôpital à d’autres bâtiments permet un système d’échange d’électricité en cas de désastre. Ce système est régi par un dispositif d’approvisionnement spécial. Le BEMS est également équipé d’un système de cogénération et de production centralisé de la chaleur (*ikkatsu juden*) (YSCP Promotion Council, 2014).

³¹ Les batteries de stockage et les PV sont répartis à la demande des foyers qui doivent payer davantage.

³² Le prix est fixé selon l’heure d’utilisation (TOU), l’importance du pic (CPP) et le comportement de consommation moyennant rétribution (PTR). Avec le CPP, le prix de l’électricité peut passer de 12 à 100 y/kWh. Au capital de départ s’ajoutent 3 000 yens pour chaque ménage qui accepte de remplir un questionnaire de Toshiba.

³³ Il y aurait ainsi eu une baisse de 12% de la consommation dans cette période par rapport à l’année précédente.

³⁴ Lors de l’été 2013, environ 2 500 HEMS étaient installés mais 1 900 HEMS étaient connectés au CEMS et ont participé au D/R (Ville de Yokohama, Press Release 2013-06-26) avec des pics entre 13h et 16h. Les foyers ont été répartis en trois groupes, avec une visualisation simple, ou un CPP de 12 yens/kWh à 60 yens/kWh voire 100 yens/kWh selon les groupes.

³⁵ TEPCO est en charge d’installer les boîtiers communicants et des adaptateurs Toshiba pour transmettre l’information du boîtier communicant vers le HEMS (Entretien Toshiba - 6 mars 2013).

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

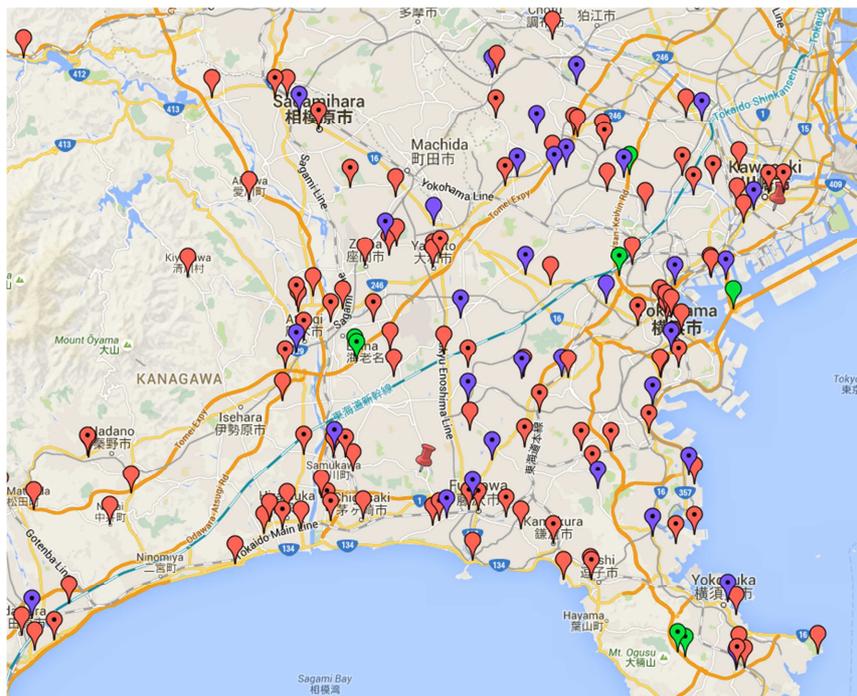
La promotion des véhicules de nouvelle génération

Cette action s'inscrit bien entendu en cohérence avec les nombreuses initiatives prises à l'échelle nationale, si bien qu'il est parfois difficile, dans le contexte japonais, de savoir dans quelle mesure elle relève du programme « *Next Generation Energy and Social Systems* » ou du programme EV/PHEV Towns par exemple, les efforts étant souvent partagés.

Si l'on se réfère au Master Plan déposé pour candidater au programme des smart communities, on relève un objectif de subventionnement de 2 000 véhicules électriques, qui a été dépassé (2 300 en juillet 2015³⁶).

Pour atteindre cet objectif, la ville de Yokohama (en lien avec la préfecture) offre une subvention à l'achat d'un maximum de 1 millions de Yens, ce qui revient à doubler la subvention accordée par l'Etat, et donc à couvrir la différence de coût avec un véhicule thermique de même gamme (YSCP Promotion Council, 2010)³⁷. Cela concerne les ménages, les entreprises et plus d'une centaine de taxis. Parmi ces véhicules, 50% seraient connectés au CEMS (Entretien Toshiba - 8 juillet 2013). Mais cela ne concerne pas directement les 4 000 ménages impliqués dans l'expérimentation de HEMS de Toshiba et Panasonic (Entretien Nissan - 10 juin 2014)³⁸.

Douze stations de recharge ont été installées dans la ville, bénéficiant des subventions de l'Etat (1/3) et de la Préfecture (1/3) pour les zones labélisées touristiques, à Minato Mirai et Bashamichi.



Vert : stations de recharge sur autoroute et grand axes routiers

Violet : stations de recharge dans des stations-services

Rouge : autres stations de recharge d'accès public

Figure 18 : Localisation des stations de recharge sur le Préfecture de Kanagawa (au 15-04-2013)

Source : https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=zWsVsY5qjNM.kDkGS5EwU6w8&hl=en_US

³⁶ Source : JSCP, 2015-07-06

³⁷ Ces véhicules sont en grande partie la propriété des ménages, mais aussi d'entreprises + 100-200 taxis (Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014)

³⁸ Sur les 4 000 HEMS, seuls 10 foyers ont un véhicule électrique (Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014).

Parallèlement, le développement des bornes de recharge a été significatif dans les zones concernées par l'expérimentation de smart community. Pour la préfecture de Kanagawa (où se situe la ville de Yokohama), la création d'un réseau de recharge rapide a d'abord été faite en lien avec le programme EV/PHEV Towns, qui avait pour objectif 3 000 VNG (véhicules électriques et hybrides rechargeables) et 100 bornes de recharge rapide sur l'ensemble de la préfecture (voir figure 18). En mars 2013, on comptait déjà (FY 2012) 4 398 VNG et 159 bornes (Next Generation Vehicle Promotion Center, 2013), assurant un maillage de 10 km², soit des objectifs dépassés deux ans avant la fin du programme.

Dans le cadre du Yokohama Smart City Project (YSCP), le budget consacré à la promotion des véhicules de nouvelle génération et à l'installation de stations de recharge est de 9,5 milliards de yens (env. 72 M€).

La gestion des recharges

L'objectif est ici de stabiliser le réseau par rapport au besoin de puissance des recharge rapide, mais aussi d'accroître l'utilisation de l'énergie solaire et de baisser l'empreinte CO₂ par une gestion centralisée de la charge/décharge des véhicules électriques, utilisés comme capacité de stockage d'une électricité propre. Le système permet de maintenir la satisfaction des utilisateurs de véhicules électriques et de minimiser le coût pour la société. Les bornes de recharge rapide permettent en moyenne de recharger un véhicule en 30 minutes. Cependant, ces installations nécessitent une puissance de 50 kW, et pour répondre à la recharge simultanée de plusieurs véhicules, cela génère des coûts d'équipement élevés. Dans le cas d'un fournisseur de services gérant un parc de véhicules (comme l'autopartage), il peut être possible d'éviter une telle puissance, qui aurait par ailleurs une influence sur le tarif de l'électricité fournie aux utilisateurs, et cela sans remise en cause du service offert aux clients.

Amélioration de l'efficacité de recharge pour un service d'autopartage en véhicules électriques

L'expérimentation a démarré au printemps 2013, associant **Hitachi Ltd et ORIX**, société de parking, gestionnaire d'un service d'autopartage, sur une aire proche de la gare de **Bashamichi**. L'équipement comprend : 2 chargeurs rapides à capacité variables, un chargeur normal (permettant la décharge) et 3 Nissan Leaf pouvant être chargées et déchargées, 2 batteries de stockage (1 Lithium-Ion, 1 Plomb), 126 panneaux solaires, un système de conversion d'énergie, et un système de contrôle, connecté au centre de données de Nissan et au centre de gestion d'ORIX (Figure 19).

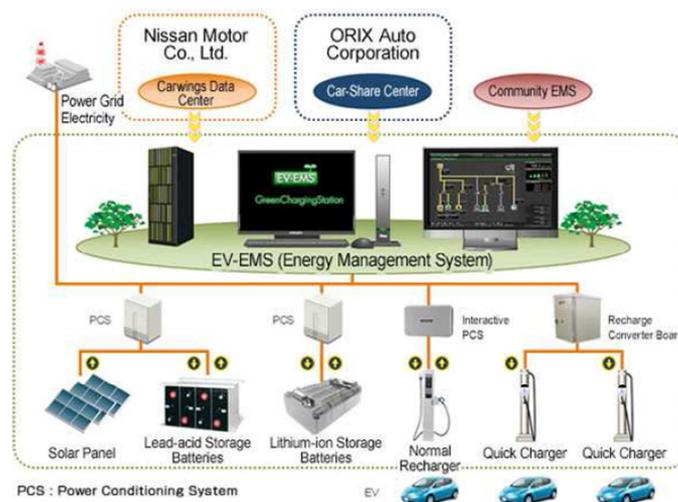


Figure 19 : Dispositif d'amélioration de l'efficacité du rechargement des véhicules électriques en autopartage à Yokohama

Source : JSCP, 2014-05-15

Alors que classiquement un véhicule de retour est immédiatement mis en charge, l'idée du système est de décaler cette recharge ou de la recharger plus lentement, selon la période et la demande d'électricité sur le réseau, voire de ne pas le recharger jusqu'à la location suivante si le niveau de charge est suffisant. Pour cela le système prend en compte diverses données (l'état de la batterie, les requêtes de D/R), la météo, les prévisions de locations, le niveau de charge des différents chargeurs et les prévisions de production solaire. Ceci permet de construire un plan de recharge sur 1,5 jour, réactualisé toutes les 10 mn pour tenir compte de demandes imprévues (locations). Le système privilégie une charge lente intégrant l'électricité solaire et peut ajuster selon les besoins la décharge des deux batteries ou le recours au chargeur rapide en fonction des réservations de location.

Par ailleurs, en collaboration avec **NEC, JX Nippon Oil & Energy Corporation** a créé un **Système Intégré de Recharge des Batteries (BCIS – Battery Charging Integrated System)**, testé d'Octobre 2013 à fin Janvier 2014 (figure 20). Ce système combine une alimentation en électricité provenant du réseau et de batteries de stockage (Lithium-Ion, 64kWh), qui sont utilisées dès que des requêtes de D/R sont transmises, de façon à ne pas perturber l'accès à la recharge pour les utilisateurs, y compris pendant la période de pointe (17 à 20h).



Figure 20 : Station de recharge utilisant le système BCIS

Source : JSCP, 2014-05-14

Des simulations (*mock verification experiments*) ont été conduites durant l'hiver 2012 et l'été 2013. Dans un premier temps, on a mesuré le temps nécessaire pour recharger plusieurs véhicules simultanément à partir de 2 chargeurs rapides (50 kW) alimentés par le réseau électrique en limitant la puissance à 30 kW, en le comparant avec la puissance nécessaire sans contrainte. Le tableau ci-dessous présente les résultats (figure 21). La réduction de la capacité à 30 kW correspondrait à une Demande/Réponse de réduction de 60% en période de pointe. Les résultats montrent que le temps de recharge est augmenté de moins de 10 minutes, ce qui semble être un délai acceptable par les utilisateurs. Les résultats sont cependant dépendants de la météo, mais une expérience similaire conduite en été montre que le temps de recharge conventionnel est de 18 minutes, et avec le BCIS de 23 minutes.

	Chargeurs rapides conventionnels	BCIS
Température extérieure	12°	12°
Capacité maximale reçue	82 kW (soit 2 fois les 41 kW requis pour charger une voiture)	30 kW
Utilisation des batteries de stockage	Non	Oui
Etat initial de charge de la batterie	32%	Véhicule 1 : 29% Véhicule 2 : 29%
Etat final de la batterie	80%	Véhicule 1 : 80% Véhicule 2 : 80%
Temps de recharge	Environ 28 mn	Véhicule 1 : environ 34 mn Véhicule 2 : environ 36 mn

Figure 21 : Comparaison des temps de recharge avec le système BCIS

Source : JSCP, 2014-05-14

Les expérimentations ont eu lieu sur l'année fiscale 2014. Elles montrent qu'il est ainsi possible de réduire la puissance de la station de recharge (2 chargeurs rapides, 1 chargeur lent) de 100 kW à 30 kW sans augmenter fortement la durée de recharge rapide des véhicules (augmentation de 6 à 8 mn du temps de recharge), et même de pouvoir répondre à une requête en heure de pointe de réduction de 85% (ce qui correspond à une puissance disponible de 15 kW).

Le développement du V2X

Deux expérimentations de V2H ont été conduites successivement à Yokohama. La première dès 2011 a été faite dans la smart house de démonstration (Kankankyo) de Sekisui House Ltd (quartier de Minato Mirai). La seconde concerne un logement existant occupé par un employé de Nissan et sa famille, disposant d'une Nissan Leaf (quartier d'Asahi).

Kankankyo, dans Minato Mirai, sert de site de promotion de la Smart Community. C'est dans ce cadre que Nissan a testé son système de V2H avec une Leaf, qui est relié au CEMS via le HEMS. Cela permet à la fois la recharge de la voiture électrique et son utilisation comme batterie de stockage additionnelle, notamment pour récupérer le surplus d'électricité solaire produite (Entretien Toshiba - 6 mars 2013 ; JSCP, 2012-12-04).

Cependant, afin de conserver au véhicule électrique son rôle principal de mode de transport, un plan de charge/décharge est établi, en fonction des usages passés et programmés du véhicule (via le Nissan Data Center) et des prévisions de production d'électricité solaire selon la météo (figure 22).



A gauche, exemple de plan d'utilisation de la batterie du véhicule électrique. En violet, recharge (partielle) sur le réseau, en jaune, recharge par les panneaux photovoltaïques, en bleu période d'usage du VE, en vert, décharge de la batterie au bénéfice du logement. A droite, exemple de résultats de la consommation/production sur la maison test.

Figure 22 : Plan prévisionnel de charge/décharge via le V2H

Source : JSCP, 2014-05-14

La seconde expérimentation se situe dans un quartier résidentiel de Yokohama (**Asahi-ku**). Le propriétaire de la maison est un employé de Nissan, qui participe à l'expérimentation avec sa famille, dans leur vie quotidienne (déplacements domicile-travail, achats,...). La maison est équipée d'un HEMS, de panneaux photovoltaïques (4 kW), d'un équipement de V2H et d'un système de conversion d'énergie pour l'électricité solaire. Le système de V2H est ici développé par JX Nippon Oil & Energy et NEC (Entretien Nissan - 10 juin 2014; Entretien Ville de Yokohama - 11 juin 2014)

Le système contrôle automatiquement la charge/décharge de la voiture électrique, à partir d'un plan hebdomadaire d'utilisation du véhicule électrique (établi sur la base de l'observation des usages quotidiens précédents). Cependant, si les conditions d'usage du véhicule diffèrent de la routine quotidienne (par exemple le jour suivant est férié et le véhicule est censé faire un déplacement plus long), des données sur ce

besoin de déplacement (distance, durée) peuvent être introduites manuellement dans le système pour modifier le plan d'usage initial (pratique peu utilisée par l'employé de Nissan concerné).

Une autre caractéristique du système est qu'il recherche l'utilisation la plus efficace de l'énergie solaire, en tenant compte des besoins de déplacements, des prévisions de production solaire (météo) et des besoins de consommation d'électricité du ménage estimés à partir du HEMS. Le système gère alors des recharges/décharges de la batterie du véhicule électrique en conséquence.

Par exemple, si le temps est ensoleillé et que le véhicule électrique ne va pas être utilisé, l'électricité générée par le solaire va être affectée à la consommation du ménage et à la recharge de la voiture électrique. Ensuite l'électricité stockée dans la voiture électrique servira à alimenter la maison le soir pour éviter d'avoir à acheter du courant sur le réseau. Cependant, une priorité est affichée, celle de ne pas perturber l'usage de la voiture pour la journée d'après.



Figure 23 : Expérimentation de V2H à Asahi-ku

Source : JSCP, 2014-05-14

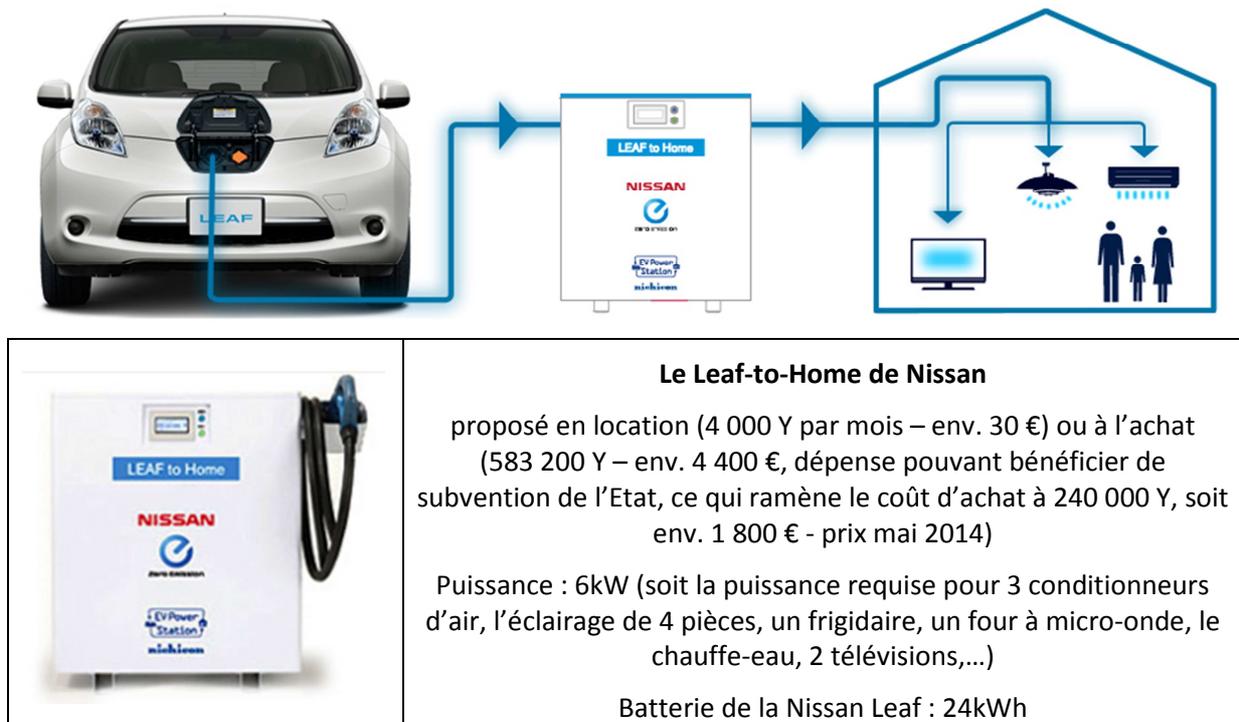


Figure 24 : Le système V2H commercialisé par Nissan

Source : Site de Nissan, <http://ev.nissan.co.jp/LEAFTOHOME/>

L'objectif est de réduire de 20% les émissions de CO₂ des ménages par une utilisation efficace du solaire. Durant l'été 2013, le test a montré que l'on atteignait environ 25% de réduction.

Il faut préciser que Nissan commercialise désormais son système, appelé « Leaf-to-Home », comme le montre la figure 24. Son système V2H permet l'usage de la batterie de la voiture pour alimenter la maison en électricité la journée. Alors qu'avec un chargeur normal (200V, 15A) le temps de recharge est de 7 à 8 h, ce système peut recharger si nécessaire le véhicule en 3-4 h.

Le principe est de recharger la batterie la nuit, puis d'alimenter la maison en journée, pour éviter le tarif plus élevé de l'électricité, voire si la maison est équipée de panneaux photovoltaïques, de vendre le maximum d'électricité solaire produite à un tarif plus intéressant (feed-in tariff : 37 ¥/kWh en 2014, 33 en 2015). A titre d'exemple sont donnés les tarifs type TEPCO : 34,56 ¥/kWh en journée (7h-23h) et de 12,41 ¥/kWh la nuit (23h-7h). L'ensemble permet donc de réduire sa facture d'électricité.

Le dispositif peut être utilisé de façon automatique (il optimise en fonction des usages passés de la voiture électrique, qui sont enregistrés) ou être programmé par l'utilisateur en fonction de ses besoins (par exemple conserver un niveau de charge minimal de la batterie pour permettre un déplacement imprévu).

Le développement des véhicules à hydrogène

Dans la smart community de Yokohama, on ne trouve pas d'expérimentations concernant les véhicules à hydrogène, bien que le constructeur automobile Nissan participe directement au démonstrateur.

Les nouveaux services de mobilité

Choi Mobi à Yokohama

Bien que citée dans le projet de Smart Community, cette expérimentation a été lancée en tant que composante du programme YMPZ (Yokohama Mobility Project Zero) dans le cadre de la labellisation Ville Ecologique Modèle (Eco Model City), et a été financée par le MLIT en tant que démonstration sur la micro-mobilité (Ville de Yokohama, Press Release 2011-09-29 ; Entretien Nissan - 10 juin 2014). L'entreprise leader est Nissan, qui propose son micro-véhicule « *Nissan New Mobility Concept* », qui est la version japonaise de la Twizy de Renault (figure 25). Les partenaires sont Hitachi, qui assure le système de transport intelligent (ITS), Mitsui Fudosan, un gestionnaire de parking qui fournit les places de stationnement, et Nissan Car Rental qui gère le système d'autopartage.

L'expérimentation a commencé en octobre 2013³⁹ avec 30, puis 45 véhicules⁴⁰, dans le cœur économique et touristique de Yokohama, à Minato Mirai et Yamanote-Motomachi, avec l'objectif d'une réduction des émissions de CO₂ de 20%. En mars 2014 (date initiale de la fin de l'expérimentation), on comptait 63 stations pouvant accueillir un ou deux véhicules (figure 25), et le parc de VE était de 70 (Ville de Yokohama, Press Release 2014-03-28). En juin 2014, 6 500 personnes l'avaient utilisé, pour le loisir, le tourisme et les achats, ou encore simplement pour tester le véhicule. Ces personnes étaient majoritairement des hommes (83%) qui habitent la ville (60%). 60 à 70 déplacements étaient faits en moyenne par jour, dont 85 à 90% en *one-way*⁴¹ (Entretien Nissan - 10 juin 2014 ; Ville de Yokohama, Press Release 2014-03-28). Ce résultat est en-dessous des espérances, et interroge sur l'existence d'un *business model* pour sa diffusion. Il a néanmoins été décidé de prolonger l'expérimentation d'un an soit jusqu'en mars 2015 mais en réduisant les stations à 60 (115 places de stationnement) et le nombre de véhicules à 50. Cette réduction est sans doute liée à la fréquentation journalière qui reste modeste.

³⁹ Des tests de faisabilité ont été menés préalablement sur courtes périodes en 2011 avec sept véhicules introduits dans la zone Yamanote-Motomachi, puis en 2012 avec l'hôpital Wakakusa-saiseikai pour vérifier l'utilité de tels véhicules pour les visites à l'hôpital.

⁴⁰ L'objectif final initialement prévu était de 70 stations et 100 véhicules.

⁴¹ Le système *one-way* (trace directe) permet à l'utilisateur de laisser le véhicule dans une autre station que celle où il l'a pris.

Concernant la recharge des véhicules, bien qu'une autorisation ait été donnée par le MLIT en mars 2014, il n'y a pas de projet d'installation de bornes de recharges en station (ceux-ci sont ramenés tous les 3 jours pour recharge au dépôt). En fait, les stations sont temporaires sur des sites prêtés pour l'expérimentation, et Nissan n'en étant pas le propriétaire, qui paierait l'investissement ? Pour gérer le problème de déséquilibre du nombre de véhicules en stations, Nissan a utilisé jusqu'à 5 personnes en rotation sur la semaine et le week-end pour ramener les véhicules là où il y en a besoin. La réservation se fait par smartphone ou par carte IC et le système est facturé 20 yens la minute. La réservation de la place à la station de destination est obligatoire.

Les utilisateurs doivent disposer d'un permis de conduire japonais (donc non accessible aux touristes étrangers), un smartphone et une carte de crédit. Ils peuvent bénéficier enfin d'une courte séance d'initiation à la conduite de ce véhicule, très nouveau au Japon.

La mise en place de cette expérimentation a nécessité des dérogations, d'une part pour pouvoir pratiquer le *one-way*, d'autre part pour autoriser la circulation des véhicules New Mobility Concept (NMC), qui ne sont pas encore homologués au Japon, d'une part en raison de la vitesse maximale de 80 km/heure largement supérieure au maximum autorisé pour ces petites véhicules⁴² et d'autre part aux deux places disponibles.



Localisation des stations



Le Nissan New Mobility Concept Car

Figure 25 : le système d'autopartage Choi Mobi à Yokohama

Source : site de Choi Mobi [en japonais]

En janvier 2015⁴³, le bilan fait état de 11 580 personnes inscrites à Choi Mobi (mais seulement 8 500 sont de véritables utilisateurs). Une enquête menée auprès des utilisateurs (8 355 réponses) confirme les 80% d'hommes et 60% de résidents de Yokohama (dont 30% dans les 3 quartiers où le système est présent). Les motifs de déplacements (plusieurs réponses possibles) sont 1) le tourisme et les loisirs (72%), 2) des déplacements quotidiens dans la ville, notamment les achats (50%), 3) pour essayer le système (42%). Les déplacements professionnels ne représentent que 10,6%, ce qui est peu et nécessite une action spécifique auprès des entreprises⁴⁴.

Pour Nissan, l'expérimentation a été le moyen de faire connaître son NMC, avec l'objectif commercial de le faire homologuer comme micro-véhicule (à la date de rédaction de ce rapport, le MLIT n'a toujours pas créé cette nouvelle catégorie de véhicule⁴⁵). En tant que constructeur, Nissan ne considère pas que ce type

⁴² Nissan ne semble pas considérer la Twizy 45 qui certes au Japon ne pourrait s'affranchir du permis de conduire, mais qui, plus proche des COMS de Toyota, pourrait peut-être plus facilement se faire homologuer.

⁴³ Entretien Nissan - 13 janvier 2015, 2015.

⁴⁴ Signalons qu'au Japon l'usage de la voiture pour le trajet domicile-travail n'est pas incité par les entreprises. Conduire pendant les heures de travail est même interdit dans certaines sociétés pour des problèmes de sécurité et d'assurance ; il en va de même des trajets domicile /travail.

⁴⁵ Entretien MLIT - 13 janvier 2015

d'activité d'autopartage *one-way* avec micro-véhicules, relève de ses prérogatives. Selon le constructeur, cela concerne plutôt des sociétés spécialisées dans la location de voiture ou dans l'autopartage. L'absence de *business model* sera sans doute un frein important à son développement, car il n'est pas évident dans la culture japonaise que le modèle à la française de délégation de service public avec les collectivités (comme Autolib à Paris) trouve un écho favorable.

A notre avis, un certain nombre de freins doivent être levés. En effet, la taille limitée de l'expérimentation pour une ville de la taille de Yokohama, ne permet pas de générer des externalités de réseau, dont on voit en France qu'elles sont une des conditions de l'attractivité du système. Un second problème réside dans l'impossibilité de disposer de stations sur voirie, ce qui nuit à la visibilité du système (les véhicules sont stationnés dans des parcs hors voirie). Certes, il y a au Japon beaucoup de petites aires de stationnement de proximité (parcelles non bâties que louent – temporairement – les opérateurs de stationnement), mais l'installation de stations avec chargeurs est plus difficile dans ce contexte.

Signalons enfin que depuis Octobre 2014, un nouveau système d'autopartage *one-way* avec véhicules électriques a été ouvert commercialement sur Yokohama : il s'agit du système SMACO, mis en œuvre par Mercedes-Benz avec ORIX et la société Amano pour les parkings, avec au démarrage 8 stations et 20 véhicules électriques (Smart 2 places). Par ailleurs, il y a aussi un système de vélos en libre-service (Baybike, 37 stations, 400 vélos) pour lequel il est prévu de proposer prochainement des vélos électriques.

Les systèmes d'aide à la navigation et au choix modal

A Yokohama, dans le cadre du Yokohama Mobility Project Zero (YMPZ), un système d'aide à la navigation a été développé, visant à informer le conducteur des zones de congestion et lui indiquer le meilleur itinéraire. N'ayant pas obtenu beaucoup d'information sur ce projet, qui ne semble pas directement connecté à la smart community, nous ne développerons pas plus.

Récapitulatif des visites de terrain et entretiens

Date	Organisation	Personnes rencontrées	Fonction / Responsabilité
8 mars 2013	Toshiba	M. HABUKA Shunichi M. ITO Hachidai	responsable projet YSCP NEDO
11 mars 2013	dSpace smart community Yokohama	M. ARIMA Hitoshi; M. NAKAMURA Yuri M. Gregory NOBLE M. SUEHIRO Akira	Président ; smart house administration Professeur, ISS, Tokyo University Professeur, ISS, Tokyo University
8 juillet 2013	Toshiba	M. HABUKA Shunichi M. TOMOKIYO Ryoji	Chief Specialist, Smart Community Division Specialist, Smart Community Project Dept.3 (Marketing)
9 juillet 2013	Ville de Yokohama	M. KAMATA Masaki M. TANABE Koji	Assistant Manager, Climate Change Policy Headquarters Assistant Manager for Future City Promotion
26 mars 2014	Toshiba	M. YOGO Masahige M. HABUKA Shunichi M. SHIMAOKA Koichi M. NOGAWA Michio	Group Manager ; Chief Specialist, Community Solutions Div., Chief Specialist, Community Solutions Div. ; Chief Specialist
27 mars 2014	JCP Yokohama	M. FURUYA Yasuhiko	conseiller municipal communiste de la ville de Yokohama (arrondissement de Tsurumi)
10 juin 2014	Toshiba Visite et entretien call center de YSCP	M. YOGO Masahige M. HABUKA Shunichi M. SHIMAOKA Koichi M. NOGAWA Michio M. HORIBE Michiko M. NOGAWA Michio M. HAKODA, SAKURA M. SUGAI Hiroyuki	Group Manager ; Chief Specialist, Community Solutions Div., Chief Specialist, Community Solutions Div. ; Chief Specialist : Sales & Marketing Department 7, Community Solutions Division ; Chief Specialist (Group 2), Business Management & Engineering Department, Grid Solutions Promotion Division, Transmission & Distribution Systems Division ; Toshiba Call center pour YSCP, Chargé du centre de soutien transport.
10 juin 2014	Nissan Motor	M. HAYASHI Ryusuke Mme OSHINO Naomi	Manager, Zero Emission Group, Environmental Planning Dpt. ; Assistant Manager, same department.
11 juin 2014	Ville de Yokohama	M. KAMATA Masaki M. MISHIMA Toshinori	Assistant Manager, Climate Change Policy Headquarters Assistant Manager, same dpt.
12 juin 2014	Japan Gasoline Corporation	M. HIRAOKA Kazutaka M. HASEGAWA Hiroaki M. OBATA Kazuyoshi M. HANAI Shozo	Senior Research Engineer, Technology Business Development Department ; Senior Technologist-Advanced Fuels, same dpt. Senior Principal Researcher, same dpt., Administration Manager, Project Department.
12 juin 2014	Accenture	Mme ASAKAI Nobuko	senior officer
11 juillet 2014	Panasonic	M. KANDA Mitsunori M. FUJII Yasuhiro	Councilor, Planning & Administration Team, Business Development Center ; Senior Councilor, Engineering and Quality, same center
13 janvier 2015	Nissan (Choi Mobi)	M. HAYASHI Ryusuke	Manager Zero Emission Strategy Group, Environmental Planning Department, Corporate Planning and Business Development Division
13 janvier 2015	Ville de Yokohama	M. TERAJ Koji	Deputy Manager of Climate Change Policy Headquarters, City of Yokohama.

Date	Organisation	Personnes rencontrées	Fonction / Responsabilité
13 janvier 2015	MLIT Kanto district	M. YABE Kengo M. USAMI Saya M. HASEGAWA Yutaka	Deputy Director, Environmental Policy Division, Road Transport Bureau; Chief Official, Environmental Policy Division, Road Transport Bureau; Deputy Director-General, Kanto District Transport Bureau
19 janvier 2015	MLIT (headquarter Kasumigaseki)	Mme TSUJI Yoko M. HASEGAWA Yutaka	Deputy Director, Environmental Policy Division, Policy Bureau; Deputy Director-General, Kanto District Transport Bureau

Références

HABUKA Shunichi, 2013, YSCP, Toshiba Smart Community & Smart Home, Smart Community Div., Toshiba Corporation (document remis lors de l'entretien de mars 2013).

IDA Takanori, MURAKAMI Kayo, TANAKA Makoto, 2015, Electricity demand response in Japan: Experimental evidence from a residential photovoltaic generation system, *Discussion Paper No. E-15-006*, Kyoto University

JGC, 2013, *Kankyô Shakai Hôkoku sho* 2013 (2012 nendo (environmental and social report 2014 (2012FY)). Japan Gasoline Corporation http://www.jgc.com/jp/06_csr_hsse/pdf/2013/ks_houkokusyo_13.pdf

JSCP, 2012-10-14, Optimal management of electricity and heat at housing complexes with HEMS [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20121014/326761/>

JSCP, 2012-11-08, Verification of Automatic Energy-Saving Initiatives that do not Infringe on the Comfort of Residents [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20121108/329804/>

JSCP, 2012-12-04, Using EVs and quick chargers for local energy management – 4 Décembre 2012 [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20121204/332778>

JSCP, 2013-01-09, Making existing large-scale commercial facilities “smart” with BEMS [en ligne]. <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20130109/336335/>

JSCP, 2013-02-01, Full-scale operation of Demand Response targeting large-scale buildings [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20130201/338849/>

JSCP, 2013-02-28, Optimizing power supply and demand for the community with the use of CEMS and Storage Battery SCADA [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20130228/341667/>

JSCP, 2013-03-11, The optimal management of energy for commercial facilities and factories located near to residential areas [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20130311/343373/>

JSCP, 2014-01-24, DR Verification Experiment and the New Service Development in Housing Complexes [en ligne]. <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140123/381118/>

JSCP, 2014-03-27, Optimizing Regional Power Grid with a Massive Virtual Battery [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140326/389815/>

JSCP, 2014-04-03, Reducing Demand During Peak Periods by Approximately 30% with Smart BEMS and FEMS [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140403/391260/>

JSCP, 2014-04-04, Reducing Demand During Peak Periods by Approximately 30% with Smart BEMS and FEMS, [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/201403/391260/> consulté le 10/06/2015

JSCP, 2014-04-15, Peak Demand Reduction Rate of 20% Achieved through Demand Response Aimed at Multiple Buildings, <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140407/391839/print.shtml>

JSCP, 2014-05-14, Controlling EV Recharging/Discharging and Quick Chargers through Links with CEMS – Optimizing Recharging for Car Sharing, [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140514/397167> consulté le 10/06/2015

JSCP, 2014-06-04, The SelfProduction/SelfConsumption of Electricity Targeted Through Links Between Solar Power Systems and Storage Batteries [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140604/400874/print.shtml>

JSCP, 2014-06-18, Japan's Largest Ever DR Verification Experiment Supported by CEMS Achieves a Maximum Peak Demand Reduction Rate of 15.2% [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20140618/403214> consulté septembre 2015

JSCP, 2015-01-23, Results of YSCP Presented at International Conference and Exhibition Held in Yokohama [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20150123/432939/>

JSCP, 2015-05-18, Optimal Control of EV and Charging Station Storage Batteries by Linking with CEMS – Helping to Stabilize the Grid with Storage Battery SCADA – 19 mai 2015 [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20150518/444370>

JSCP, 2015-07-06, Holding of YSCP Forum to Review Five Years of Initiatives [en ligne] <http://jscp.nepc.or.jp/article/jscpen/20150706/447416> consulté septembre 2015

MIAC, 2012, *Japan Statistical Yearbook 2012*. Statistics Bureau, Ministry of Internal Affairs and Communications

MIAC, 2014, *Japan Statistical Yearbook 2014*, Statistics Bureau, Ministry of Internal Affairs and Communications.

Next Generation Vehicle Promotion Center, 2013, *EV & PHV Town Report in Japan 2013*, 22 p. [en ligne] http://www.cev-pc.or.jp/event/pdf/evphvtown_report2013_en.pdf consulté le 15/04/2015

Nissan, 2015, *Leaf-to-Home*, (en japonais) [en ligne] <http://ev.nissan.co.jp/LEAFTOHOME/> - 9/11/2015

Toshiba (Press Releases), 2014, *To investigating demand response and consumer incentives in the retail electricity market, 10 Jul.* [on line] http://www.toshiba.co.jp/about/press/2014_07/pr1001.htm

Ville de Yokohama, 2010a, *Yokohama sumato shiti purojekuto–YSCP* [Yokohama Smart City Project (YSCP)] [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/yscp/>

Ville de Yokohama, 2010b, *Announcement on the “Yokohama Smart City Project (YSCP)” Master Plan.* [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/english/pdf/initiatives/master-plan-of-yscp.pdf>

Ville de Yokohama, 2012 (Climate Change Policy Headquarter), *Next Generation Energy and Social System (selected by METI)*, PPT présenté au Yokohama Day in Smart City Wekk 2012 [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/kokusai/yport/en/pdf/yday2012/2012yday02-yscp-en.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2010-03-03 (Climate Change Policy Headquarter), Le projet “Yokohama Smart City Project” proposé conjointement par cinq entreprises a été soumis pour le programme « Démonstrateurs régionaux d’énergies nouvelles générations et de systèmes sociaux » du METI ! Construire à Yokohama, développer à l’étranger ensemble dans la sagesse (en japonais) [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h21/100303/100303.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2011-09-29 (Climate Change Policy Headquarter), Pour la promotion d’une mobilité de nouvelle génération dans l’optique de la ville bas-carbone, première au Japon ! Expérimentation de micro-véhicules électriques à deux places (en japonais) [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h23/110929/110929.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2012-10-31, (Climate Change Policy Headquarter), Accord sur la “Déclaration de la Conférence Smart City Asie” – Diffusion au monde de la déclaration portant sur les smart cities soutenables de onze villes asiatiques.] (en japonais) [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h24/121031/121031press.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2013-06-26, (Climate Change Policy Headquarter), Projet Smart City de Yokohama (YSCP): Dans le domaine des ménages, lancement de la saison d’été de l’expérimentation : plus grand test au Japon d’économie d’énergie avec objectif de réduction de 20% ;(en japonais). [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h25/130626press.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2013-10-23, (Climate Change Policy Headquarter), Projet Smart City de Yokohama (YSCP): Dans le domaine des ménages vérification de la saison d’été du D/R (bulletin flash), un maximum de 15,2% de réduction de la pointe atteint par le demande/réponse (D/R).) (en japonais) [en ligne] <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h25/131023press.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2013-10-24, (Climate Change Policy Headquarter), Projet Smart City de Yokohama (YSCP): Dans le domaine des BEMS, plus grande vérification au Japon de liaison entre buildings –Résultats de cet été ,

la pointe a été réduite d'un maximum de 22,8%; Yokohama (en japonais) [en ligne]

<http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h25/131024press.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2014-03-28, (Climate Change Policy Headquarter), D'après le MLIT et l'Agence Nationale de Police, un rapport sur l'autopartage en one way indique que ChoiMobi, première expériences menées au Japon, rend le service encore plus pratique, tendant à l'élargissement du one way (en japonais) [en ligne]

<http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h25/140328press.pdf>

Ville de Yokohama, Press Release 2014-06-30, (Climate Change Policy Headquarter), Projet Smart City de Yokohama (YSCP): Dans le domaine des bâtiments, vérification de la saison d'été de 2014FY- test de la liaison entre différentes installations à travers des transaction de Negawatts – Depuis cette année, des installations municipales (station d'épuration, centre de purification des eaux) participent également.(en japonais) [en ligne]

<http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h26/140630-2press.pdf>

YSCP Promotion Council, 2010, *Jisedai enerugi shakaishisutemu jisho, Yokohama sumato shiti purojekuto, masuta puran*. [Next Generation Energy and Social Systems, Yokohama Smart City project (YSCP) Master Plan]. [en ligne]

<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/masterplan001.pdf>

YSCP Promotion Council, 2014, *Jisedai enerugi shakaishisutemu jisho Yokohama sumato shiti purojekuto* [Next Generation Energy and Social Systems, Yokohama Smart City project]. Dai 17 kai jisedai enerugi shakaishisutemu kyogikai shiryo (document de la 17 conférence sur les énergies de nouvelle génération et système sociaux) 10 mai, [en ligne] http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/pdf/017_02_01.pdf

Table des matières

Sommaire	1
Liste des sigles	2
1. Présentation du site	3
2. Conditions d'émergence du projet : le rôle stratégique de la ville de Yokohama	4
3. Les éléments constitutifs du projet de smart community	6
CEMS et SCADA : pour une gestion optimisée de la consommation, production et stockage de l'énergie ...	7
FEMS et BEMS : une gestion automatisée de l'énergie	8
Les HEMS, terrain de comparaison des dispositifs sociaux.....	10
4. La gouvernance de YSCP et le rôle des acteurs	12
La structure officielle de la smart city	13
Le rôle des acteurs : une coordination bicéphale	14
5. Les incitations au changement de comportement et le Demande/Réponse.....	15
Les requêtes de D/R auprès des BEMS.....	16
Les requêtes de D/R auprès des ménages	17
Le développement du Demande/Réponse automatique.....	19
Synthèse des résultats.....	20
6. Les mesures dans le domaine des transports et de la mobilité	22
La promotion des véhicules de nouvelle génération	22
La gestion des recharges	23
Le développement du V2X	25
Le développement des véhicules à hydrogène	27
Les nouveaux services de mobilité.....	27
Choi Mobi à Yokohama.....	27
Les systèmes d'aide à la navigation et au choix modal	29
Récapitulatif des visites de terrain et entretiens	30
Références.....	31
Table des matières	34