

# **Comment prévoir le succès d'une innovation de rupture ?**

## **Le cas du véhicule électrique**

### **Felix von Pechmann**

i3-CRG, École polytechnique, CNRS, Université Paris Saclay  
828 boulevard des Maréchaux, 91762 Palaiseau Cedex, France  
Tél : +33 181 872 187 / E-mail : felix.von-pechmann@polytechnique.edu

### **Cécile Chamaret**

Paris Sorbonne University Abu Dhabi  
PO BOX 38044, Abu Dhabi, Emirats Arabes Unis  
Tél : +971 65 69 399 / E-mail : cecile.chamaret@gmail.com

### **Béatrice Parguel**

DRM, UMR CNRS 7088, Université Paris-Dauphine  
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 PARIS Cedex 16, France  
Tél : +33 144 054 454 / E-mail : beatrice.parguel@gmail.com

### **Christophe Midler**

i3-CRG, École polytechnique, CNRS, Université Paris Saclay  
828 boulevard des Maréchaux, 91762 Palaiseau Cedex, France  
E-mail : christophe.midler@polytechnique.edu

Les auteurs remercient Kevin Lamberton et Mathilde Cohen pour leurs contributions à ce projet de recherche. Ce projet a été soutenu par l'*Institut de la Mobilité Durable*.

# Comment prévoir le succès d'une innovation de rupture ?

## Le cas du véhicule électrique

### Résumé

---

Prévoir la demande pour une innovation de rupture constitue un véritable défi pour les managers comme pour les chercheurs. Souhaitant le relever, cet article propose un modèle de prévision spatial original, USIDDI (*User-centric Simulation for the Deployment of Disruptive Innovations*), fondé sur l'étude de la compatibilité de chaque individu avec l'innovation. L'article utilise le marché du véhicule électrique pour tester empiriquement ce modèle et illustrer la nature des recommandations qu'il permet de formuler à destination des industriels et des décideurs publics pour faciliter le passage à l'échelle dans le déploiement des innovations de rupture.

**Mots-clés :** prévision de la demande, diffusion d'innovations, véhicule électrique

---

# How to predict the success of disruptive innovations?

## The case of the electric vehicle

### Abstract

---

Demand forecasting for disruptive innovations poses great challenges for both professionals and academics. This article takes up the challenge by building an original spatial model, USIDDI (*User-centric Simulation for the Deployment of Disruptive Innovations*), on the analysis of individuals' compatibility with the innovation. We empirically test the model on the electric vehicle market and emphasize the nature of the recommendations that should be made to companies and governments to accelerate the scaling-up of disruptive innovations.

**Keywords:** demand forecasting, diffusion of innovations, electric vehicle

---

Comme l'indiquent Vernet et Tissier-Desbordes (2013) dans un éditorial récent de *Decisions Marketing*, « le marketing manque cruellement d'innovation en matière de modèle de prévision de la demande, et plus encore pour la prévision de la demande pour une innovation de rupture » (p. 6). D'autant plus capitale que les investissements engagés sont très lourds (développement, production, lancement), la prévision de la demande pour une innovation de rupture apparaît en effet complexe (Gotteland et Haon, 2005). Rompant radicalement avec les technologies établies, l'innovation de rupture ouvre de nouveaux marchés, quand l'innovation continue procède par amélioration des marchés existants (Christensen, 1997). Ce faisant, elle induit deux difficultés spécifiques. D'une part, elle s'adresse à des clients inexpérimentés, incapables d'en appréhender les qualités originales ou d'en comprendre les usages (Linton, 2002 ; Ballot *et alii*, 2007). D'autre part, elle se déploie souvent dans des écosystèmes en cours de structuration (Charue-Duboc et Midler, 2011).

Ces difficultés rendent inopérantes les techniques classiques de prévision de la demande pour une innovation (e.g., modèles *Assessor* ou *Bases*, Concept Use Tests, marchés test simulés ou réels). Comme le résume Christensen (1997), « Markets that don't exist can't be analyzed » (p. 15). Si ces difficultés peuvent être correctement adressées dans le cadre de tests de commercialisation au niveau local, le passage à l'échelle du marché de masse constitue souvent un obstacle fatal à l'innovation de rupture. A cet égard, les échecs répétés des constructeurs automobiles à déployer durablement le véhicule électrique sont tout-à-fait emblématiques. Pour Moore (1991), le passage à l'échelle suppose de traverser le gouffre qui sépare les adopteurs précoces de la masse des consommateurs. Pour ce faire, la focalisation sur des niches de clients influents et connectés les uns aux autres peut générer une « tornade » au sein de ces niches, et persuader en retour la masse des consommateurs (Moore, 1995). Mais la focalisation ne produit pas toujours ladite « tornade » (Charue-Duboc et Midler, 2011) et peu d'industriels acceptent de réinvestir dans un produit dont les premières ventes se sont avérées décevantes.

Miser sur un effet d'entraînement pour s'implanter sur un marché de masse représente ainsi un pari audacieux, associé au risque de confiner finalement l'innovation de rupture à des marchés de niche. Entre la « tornade » et la niche, les industriels doivent repenser leurs stratégies de déploiement et mieux dimensionner leurs efforts commerciaux pour

réussir le passage à l'échelle du marché de masse pour leurs innovations de rupture. Dans cette perspective, un déploiement ciblé, mais à grande échelle, offre une troisième voie pour dépasser l'« improvisation » souvent observée dans le déploiement des innovations de rupture (Moorman et Miner, 1998). Ce déploiement ciblé nécessite toutefois d'imaginer un nouveau modèle de prévision de la demande spécifiquement adapté au cas de l'innovation de rupture afin de le préparer et de l'accompagner.

Le modèle USIDDI (*User-centric Simulation for the Deployment of Disruptive Innovations*) proposé dans cet article répond à ce besoin. En orientant le choix et le calibrage des stratégies de déploiement de l'innovation de rupture, il offre un outil d'aide à la décision interne. Au-delà, il permet également de quantifier l'impact potentiel de différents leviers de développement externes. Fondé sur une analyse des usages originale, il présente l'avantage de s'appuyer sur des éléments concrets liés aux expériences réelles des futurs clients. Intégrant par ailleurs une dimension spatiale, il documente des modes de diffusion vraisemblables et des recommandations opératoires. Le présent article se donne pour objectif de le présenter et d'en évaluer la pertinence.

Impliquant une rupture technologique (e.g., batteries dites lithium ion, motorisation électrique) et identitaire (i.e., préoccupations attachées au réchauffement climatique), une déstabilisation du *business model* et des usages (e.g., location de la batterie) et une remise en cause de l'environnement (e.g., infrastructures de recharge), le véhicule électrique est considéré comme une innovation de rupture (Midler *et alii*, 2010 ; Charue-Duboc et Midler, 2011 ; von Pechmann *et alii*, 2015). Dans cet article, le marché du véhicule électrique est utilisé pour illustrer le modèle USIDDI, qui montre notamment que le véhicule électrique ne saurait prétendre au marché de masse sans l'implication volontariste des constructeurs automobiles et des décideurs politiques. Le modèle USIDDI identifie également de potentiels leviers de développement pour ces acteurs et plaide pour un déploiement à grande échelle sur des zones géographiquement ciblées.

## **Modèles de diffusion classiques et innovations de rupture**

Développé en 1960, le modèle de Fourt et Woodlock est l'un des premiers modèles à s'être interrogés sur le processus de diffusion des innovations au sein d'une population.

Selon lui, la vitesse de pénétration (variable exogène dépendante de la pression publicitaire exercée par l'entreprise) et le taux de pénétration espéré suffiraient pour prévoir la diffusion d'une innovation. Bass complète ce modèle en 1969 en montrant que la diffusion de l'innovation a bien une composante exogène liée à la pression publicitaire et aux caractéristiques du produit, mais résulte également du jeu plus endogène du bouche à oreille dont le produit bénéficie. Bass considère ainsi que certains consommateurs, qu'il qualifie d'« imitateurs », n'achètent le produit qu'après avoir vu d'autres consommateurs l'acheter ou l'utiliser. Le modèle de Bass a eu une grande influence en marketing, inspiré de nombreuses extensions dans des domaines aussi variés que l'industrie, l'agriculture ou l'éducation, et alimenté quantité de travaux sur l'estimation de ses paramètres d'innovation externe et d'imitation interne. De nombreux articles détaillent les caractéristiques de ces nombreux travaux, ainsi que leurs limites (e.g., Mahajan *et alii*, 1990 ; Cestre, 1996 ; El Ouardighi et Tapiero, 1997).

Considérant l'influence de variables exogènes, le modèle de Bass et les modèles qu'il a inspirés autorisent le « contrôle de la diffusion » (El Ouardighi et Tapiero, 1997 : 15), c'est-à-dire qu'ils peuvent être utilisés à des fins normatives, par les industriels comme par les décideurs publics, afin d'accélérer la diffusion d'une innovation. Pour autant, ils se heurtent à deux difficultés majeures. D'une part, ils postulent une « taille constante du marché potentiel », ne tiennent pas compte de « l'éventualité d'un comportement de résistance à l'innovation au sein du potentiel d'adoption » et exclut « toute considération sur le degré d'efficience de la communication interpersonnelle entre les adopteurs effectifs et les adopteurs potentiels » (El Ouardighi et Tapiero, 1997 : 17-18). D'autre part, ils affichent une faible validité prédictive dans le cas de l'innovation de rupture.

L'estimation des différents paramètres de ces modèles, qui repose sur l'historique de diffusion de produits comparables ou sur des données d'enquêtes conduites auprès de consommateurs standards (Gotteland et Haon, 2005), permet d'expliquer l'incapacité de ces modèles de diffusion classiques à prévoir le succès d'une innovation de rupture. Comme le rappelle Linton (2002), l'innovation de rupture n'a pas d'équivalents d'ores et déjà commercialisés, ce qui empêche tout raisonnement de type analogique basé sur l'historique des courbes de diffusion de produits comparables. De plus, l'innovation de rupture implique de nouvelles opportunités et de nouvelles contraintes que les consommateurs

sont rarement capables d'appréhender dans leurs réponses à des enquêtes (Linton, 2002 ; Ballot *et alii*, 1997), même en présence de prototypes (Gotteland et Haon, 2005). L'innovation de rupture s'accompagne en effet de critères d'évaluation inédits pour les consommateurs, qui correspondent à un élargissement du système client. Dans le cas du véhicule électrique, il s'agira par exemple de la fluidité de conduite, du silence ou des bénéfices environnementaux, généralement moins valorisés dans le cas du véhicule thermique. Face à cette difficulté de l'évaluation de l'innovation de rupture, l'estimation exogène de paramètres fondée sur l'avis d'experts choisis pour leur capacité à estimer lesdits paramètres (Gotteland et Haon, 2005) a souvent été mise en avant par la littérature (Linton, 2002) et obtenu les meilleurs résultats en termes de prévision de la demande pour une innovation de rupture (Mahajan *et alii*, 1990).

Le caractère agrégé des modèles de diffusion classiques est une autre limite. Chatterjee et Eliashberg (1990) préconisent au contraire de tenir compte de l'hétérogénéité des consommateurs dans la modélisation du processus de diffusion de l'innovation de rupture et intègrent les perceptions et attitudes de chaque consommateur. Plusieurs modèles dérivés du modèle de Bass intègrent cette hétérogénéité par le biais de fonctions d'utilité individuelles (Mahajan *et alii*, 1990). Considérer les caractéristiques individuelles liées au degré d'innovativité des individus (Cestre, 1996) ou les contraintes socio-économiques auxquelles ils font face (Windisch, 2013) offre d'autres moyens d'aborder les consommateurs dans leur individualité.

La littérature insiste également sur la dimension spatiale du processus de diffusion de l'innovation (Linton, 2002). En 1952, Hägerstrand proposait déjà la notion de « front de diffusion » pour désigner la ligne de séparation virtuelle entre les zones ayant adopté l'innovation et les autres, remettant *de facto* en cause toute approche agrégée. De la même façon, le bouche à oreille, considéré comme endogène dans le modèle de Bass et déterminant dans la diffusion de nouveaux produits (Moore, 1991; Rogers, 2003), exerce une influence proximale par rapport à l'individu. Considérant l'importance des externalités de réseau dans la diffusion d'une innovation (Le Nagard et Steyer, 1995), Steyer (2005) montre que la diffusion résulte du jeu de réseaux non aléatoires, les consommateurs proches ayant une probabilité d'interaction plus grande avec l'individu. La prise en

compte d'une dimension spatiale est finalement d'autant plus justifiée dans le cas de l'innovation de rupture que la compatibilité avec l'innovation peut varier en fonction des zones du fait des caractéristiques de leurs habitants, des infrastructures disponibles ou d'autres contraintes liées aux usages. Si certains modèles de diffusion intègrent tôt des éléments géographiques (e.g., Cliff et Ord, 1975 ; Mahajan et Peterson, 1979), cette prise en compte reste limitée dans les travaux en marketing (Steyer, 2005) et le plus souvent décorrélée des usages individuels, à l'instar du modèle en avalanche développé par Steyer (2005). Finalement, un modèle géographiquement différencié permet de prendre en compte la dimension spatiale de la diffusion de l'innovation de rupture, quand les modèles de diffusion classiques n'envisagent la diffusion qu'au sein de zones homogènes.

Ces différents éléments conduisent à interroger la pertinence d'une approche géographiquement différenciée et centrée sur les usages. Poursuivant cette ambition, le présent article propose et teste un modèle de diffusion spatiale pour l'innovation de rupture basé sur la calibration par des experts des difficultés individuellement rencontrées par les individus dans leur usage du produit innovant. Ce modèle, baptisé du nom d'USIDDI (*User-centric Simulation for the Deployment of Disruptive Innovations*), est décrit dans la prochaine partie et appliqué pour illustration au marché du véhicule électrique.

### **USIDDI : un modèle spatial de prévision des ventes basé sur l'usage**

Le modèle USIDDI fonctionne en deux étapes. D'abord, un modèle de probabilité d'adoption original basé sur les difficultés individuelles repérées dans la séquence d'usage du produit innovant permet de cibler un réservoir de prospects compatibles. Un prospect est considéré comme compatible lorsque les difficultés d'usage qu'il rencontre dans l'adoption du véhicule électrique restent suffisamment faibles pour ne pas dissuader cette adoption. Ensuite, une simulation de marché plus classique basée sur la diffusion locale permet d'évaluer un potentiel de ventes. *In fine*, le modèle USIDDI identifie les zones de chalandise présentant la plus forte appétence pour le produit innovant, ainsi que les leviers d'action les plus influents dans un contexte donné.

Figure 1 : Représentation schématique du modèle USIDDI



### Etape 1 : Modèle de probabilité d'adoption basé sur les difficultés d'usage

Le modèle de probabilité d'adoption repose sur l'idée que l'usage d'un véhicule électrique confronte son utilisateur à des difficultés, qui réduisent sa compatibilité avec le véhicule électrique et peuvent se cumuler jusqu'à le rendre totalement incompatible. Cette idée, que l'on retrouve dans le travail de Windisch (2013), n'a à notre connaissance jamais été explorée dans la littérature en marketing.

Afin d'identifier les difficultés qui peuvent apparaître dans l'usage d'un véhicule électrique et de les calibrer relativement, nous avons interrogé 37 experts représentant 14 entités différentes de Renault (e.g. directions de recherche, directions commerciales), et conduit trois ateliers de travail d'une demi-journée mêlant de simples utilisateurs à des experts du secteur automobile et du secteur électrique. Les difficultés d'usage identifiées s'organisent suivant la séquence d'usage d'un véhicule électrique, qui commence par la décision d'achat et l'achat à proprement parler, puis alterne utilisation effective du véhicule sur route et recharge en stationnement. Le Tableau 1 liste ces difficultés d'usage. Il indique également leur importance relative sous la forme d'un indice qui résulte d'un consensus issu de la consultation contradictoire des experts, en sachant qu'un indice de 100 correspond *a priori* à l'incompatibilité de l'individu avec le véhicule électrique. Ce seuil, arbitrairement fixé, n'a pour objet que d'étalonner les difficultés d'usage relativement les unes par rapport aux autres. Lorsque les difficultés identifiées par les experts ne sont pas indépendantes les unes des autres, leur calibration en tient compte.

Tableau 1 : Difficultés associées à la séquence d'usage du véhicule électrique

	Difficultés	Calibration de la difficulté	Proportion de la population affectée
Achat	Habitudes de conduite (e.g. régulière, rare, pas de conduite)	0 à 100	50 %
	Indépendance de la décision du ménage (e.g. véhicule de fonction)	0 ou 100	16 %
	Familiarité avec le leasing (i.e. location de la batterie)	0 ou 10	98 %
	Revenu consacré à l'achat	0 à 100	81 %
	Habitudes d'achat (i.e. neuf ou occasion)	0 à 30	65 %
	Coût d'utilisation relativement à celui d'un véhicule thermique	-30, 0 ou 30	46 %
	« Technophilie » (mesurée par l'utilisation de carburants alternatifs)	0 à 8	98 %
	Possession d'un véhicule puissant	0 à 10	69 %
	Possession d'un véhicule lourd	0 à 10	44 %
	Possession d'un véhicule « gourmand »	0 à 10	61 %
	Non équipement GPS du ménage en 2008	0 ou 5	95 %
Conduite	Distance parcourue quotidiennement	0 à 90	11 %
	Lieux de travail variables (= planification des trajets plus difficile)	0 ou 20	56 %
	Modulation d'horaires (= risques de problème de circulation)	0 à 10	32 %
	Encombrement des voies autour du domicile	0, 5 ou 10	41 %
	Monomotorisation (= moindre flexibilité dans la décision d'achat)	0 ou 30	43 %
	Résidence secondaire (= aménagements supplémentaires)	0 ou 10	9 %
	Distance parcourue en vacances par un ménage monomotorisé	0 à 90	23 %
Recharge / stationnement	Stationnement dans la rue bien qu'il existe un parking au domicile	0 ou 10	30 %
	Type d'habitation (= facilité d'équipement pour recharger)	0 ou 20	46 %
	Existence / Absence d'une prise pour recharger au domicile	-10 ou 10	56 %
	Location du logement (= propriétaire à convaincre)	0 ou 30	39 %
	Disponibilité d'un parking au lieu de travail (= recharge facilitée)	0 à 15	26 %
	Disponibilité d'un parking au domicile (= recharge facilitée)	0 à 100	53 %

Pour illustration, la calibration pour la difficulté liée à la distance parcourue quotidiennement conduit à affecter un poids croissant linéairement entre 0 (pour une distance quotidienne inférieure à 50 km) et 90 (pour une distance quotidienne supérieure à 100 km). Une distance quotidienne importante rend donc l'utilisateur quasiment incompatible avec le véhicule électrique. Pour l'expliquer, nous rappelons qu'un véhicule comme la Zoe, homologuée pour plus de 200 km, voit son autonomie considérablement réduite en hiver et à grande vitesse, et qu'il est difficile d'envisager l'acquisition d'un véhicule qui ne couvrirait pas *a minima* les trajets quotidiens. Au-delà de cette illustration, une annexe méthodologique justifiant l'ensemble des choix relatifs aux difficultés mobilisées ainsi qu'à leur calibration est proposée en téléchargement au lecteur intéressé<sup>1</sup>.

Ainsi calibré, le modèle USIDDI est identifié aux données de l'enquête nationale *Transports et Déplacements* 2008 de l'INSEE (encadré 1).

<sup>1</sup> <http://cecile.chamaret.free.fr/recherche/Publi/AnnexeVE.pdf>

---

**Encadré 1 : Enquête nationale *Transports et Déplacements* 2008 de l'INSEE<sup>2</sup>**

---

Apériodique, cette enquête s'inscrit dans le prolongement des précédentes enquêtes Transports (la dernière avait eu lieu en 1994). Son objectif est la connaissance des déplacements des ménages résidant en France métropolitaine et de leur usage des moyens de transport tant collectifs qu'individuels, ainsi que la connaissance du parc des véhicules détenus par les ménages et de leur utilisation.

La collecte est réalisée auprès de 20.220 ménages (soit 45.000 personnes résidant en France), en face à face sous Capi (collecte assistée par informatique), et en deux visites espacées de douze mois afin de prendre en compte la saisonnalité qui marque la mobilité. Elle recense tous les déplacements des individus qui composent le ménage, quels que soient leur motif, leur longueur, leur durée, la période de l'année ou le moment de la journée. Elle renseigne par ailleurs sur les possibilités d'accès aux transports collectifs et sur les moyens de transports individuels dont disposent les ménages.

A titre d'illustration, l'enquête 1994 a permis d'observer la concurrence entre modes de transports, leur spécialisation en fonction des motifs et la combinaison des modes de transport pour effectuer un même déplacement. Les effets de la mobilité et de l'équipement en véhicules individuels sur les consommations d'énergie et les émissions de polluants locaux ou globaux, déjà étudiés en 1994, contribuent dans l'enquête 2008 à soutenir les pouvoirs publics dans l'élaboration des futures politiques environnementales.

---

L'identification du modèle USIDDI aux données de l'enquête nationale *Transports et Déplacements* 2008 de l'INSEE alimente deux types d'analyse. D'une part, il permet d'évaluer la part de la population totale affectée par chaque difficulté repérée dans la séquence d'usage du véhicule électrique. Pour illustration, 39% des Français, locataires de leur logement, écopent d'une difficulté de 30, à l'instar des 43% de Français qui ne possèdent qu'un unique véhicule, les deux difficultés pouvant s'additionner. Le modèle identifie aussi les difficultés les plus handicapantes, qui cumulent une forte influence intrinsèque et affectent une part importante de la population. Sans surprise, le revenu arrive

---

<sup>2</sup> Source : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=sources/ope-enq-transports-deplac-2007.htm>

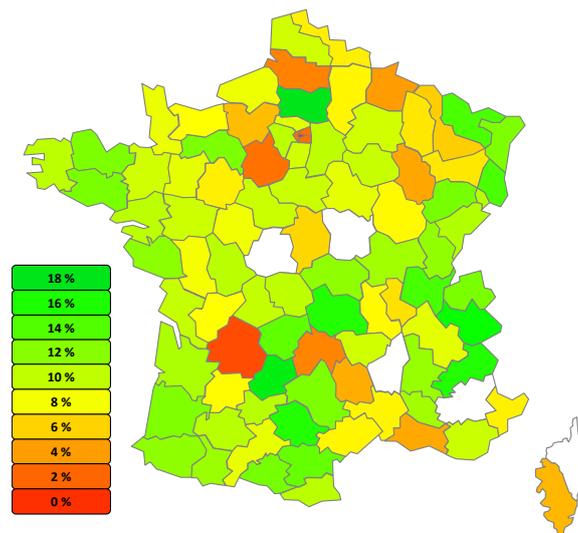
en tête de classement dans presque tous les départements, à l'exception de Paris et de certains départements franciliens, mais aussi des Ardennes ou de l'Eure-et-Loir. En deuxième et troisième position viennent presque systématiquement les difficultés de stationnement et les habitudes de conduite, c'est-à-dire le fait que les habitants conduisent effectivement un véhicule sur une base régulière ou non.

D'autre part, le modèle USIDDI permet de localiser finement les zones géographiques présentant la plus forte appétence pour le véhicule électrique (encadré 2).

---

### **Encadré 2 : Géolocalisation des individus compatibles avec le véhicule électrique**

La carte ci-après<sup>3</sup> indique pour chaque département français le pourcentage d'individus compatibles avec le véhicule électrique. En moyenne, chaque département affiche plus de 450 points de données. Les départements avec moins de 30 points de données sont affichés en blanc.



Pour dresser cette carte, chaque difficulté repérée dans la séquence d'usage du véhicule électrique a été valorisée pour chaque individu de l'enquête nationale *Transports et Déplacements* 2007-2008 de l'INSEE. L'ensemble des difficultés auxquelles était confronté chaque individu a ensuite été considéré afin de calculer un niveau de difficulté globale par individu. Finalement, tout client présentant une difficulté globale inférieure à 100 a

---

<sup>3</sup> Carte réalisée en utilisant l'outil mis à disposition par Claude Monteil, Excel pour un usage pédagogique, <http://www.inp-toulouse.fr/fr/pedago-tech/accéder-au-portail/excel-interactif/formation-inp.html>.

été identifié comme un client compatible avec le véhicule électrique, et par conséquent susceptible d'en acheter un.

---

## Etape 2 : Simulation de marché basée sur la diffusion locale

La simulation de marché s'appuie sur les trois catégories de difficultés calibrées lors de l'évaluation du nombre d'individus compatibles avec l'innovation, auxquelles sont ajoutées trois nouvelles difficultés qui jouent un rôle majeur dans la diffusion de l'innovation de rupture (voir annexe pour une présentation détaillée de leur calibration). Ainsi, le manque de familiarité avec le produit innovant, patente dans le cas du véhicule électrique (en 2012, seuls 8% des Américains déclarent avoir une bonne connaissance du véhicule électrique<sup>4</sup>), limite sa diffusion potentielle (Maniak *et alii*, 2012 ; Gatignon et Robertson, 1985). De la même façon, la taille de l'assortiment, qui délimite l'espace structurant les apprentissages des consommateurs (Ballot *et alii*, 2007), est réduite dans le cas d'une innovation de rupture récemment lancée et constitue donc également une difficulté susceptible de limiter sa diffusion potentielle. Le modèle USIDDI intègre ainsi une difficulté de 50 pour tenir compte de l'absence d'offre les premières années, difficulté qui diminue de 10 à chaque nouveau modèle lancé sur le marché. Finalement, une difficulté propre au cycle d'achat de l'individu constitue la dernière difficulté intégrée au modèle. Ce faisant, le modèle USIDDI simule la dynamique concurrentielle du marché et intègre le réachat par l'intermédiaire du kilométrage parcouru annuellement, comme cela est préconisé par Mahajan et ses collègues (1990).

Finalement, la difficulté totale individuelle  $D_{it}$  rencontrée par un individu  $i$  à un instant  $t$  est la somme de l'ensemble de ces difficultés  $d_{k(i,t)}$  :

$$D_{totale(i,t)} = \sum_{k \in \left\{ \begin{array}{l} \text{achat} \\ \text{conduite} \\ \text{recharge} \\ \text{familiarité} \end{array} \right\}} d_{k(i,t)} + d_{cycle\ achat(i,t)} + d_{offre(t)}$$

---

<sup>4</sup> ICF International (2013), Bay area plug-in electric vehicle readiness plan – Background and analysis. Draft, Bay Area Air Quality Management District.

Les difficultés rencontrées dans l'usage du produit innovant  $d_{k(i,t)}$  par l'individu  $i$  à un instant  $t$  jouent par ailleurs un rôle dynamique dans la simulation de marché. A chaque itération, ces difficultés diminuent en raison de la diffusion de l'innovation à la période précédente. Pour illustration, la familiarité avec le produit innovant dépend des efforts en termes de moyens de communication classique pour favoriser l'« apprentissage » du véhicule électrique (pour faire comprendre ce qu'il représente ou apprécier ses caractéristiques), mais également de sa diffusion dans l'entourage proche à la période précédente. La familiarité avec le produit innovant augmente donc avec la diffusion de l'innovation à proximité de l'individu. De la même façon, la diffusion progressive de l'innovation à proximité de l'individu encourage l'installation de nouvelles bornes de recharge au niveau local et induit une plus grande maîtrise des difficultés liées aux problèmes d'autonomie du véhicule électrique par l'individu, si bien que les difficultés rencontrées par l'individu dans l'usage du produit innovant se réduisent d'autant.

Traduisant cette dynamique, chacune des difficultés  $d_{k(i,t)}$  rencontrées par l'individu  $i$  à un instant  $t$  est fonction de son niveau en  $t-1$  et de la diffusion du produit innovant dans l'environnement géographique de l'individu de l'individu en  $t-1$ . La simulation intègre ainsi la part de marché du véhicule électrique au sein de la zone d'emploi de l'individu, et dans une moindre mesure la part de marché du véhicule électrique au sein du département de l'individu ou au niveau hexagonal si elle n'est pas significative au niveau du département :

$$d_{k(i,t)} = f(d_{k(i,t-1)}, pdm_{zone(i,t-1)}, pdm_{dpt(i,t-1)}, pdm_{(t-1)})$$

Sur chaque zone d'emploi, la probabilité d'achat de chaque individu  $i$  à un instant  $t$  dépend en effet de manière inversement proportionnelle de la difficulté totale individuelle  $D_{it}$  rencontrée par cet individu à un instant  $t$ , qui évolue elle-même chaque année pour chaque individu en fonction de la diffusion du produit innovant autour de lui. La part de marché estimée pour le véhicule électrique à un instant  $t$  au sein de chacune des 269 zones d'emploi considérées par l'INSEE se calcule finalement comme la somme pondérée des probabilités d'achat individuelles à un instant  $t$ .

Le modèle USIDDI est ajusté en utilisant les données de ventes annuelles de véhicules électriques aux particuliers pour les années 2011 et 2012 fournies par AAA-Data<sup>5</sup>. Pour un individu sur le point de renouveler son véhicule, l'ajustement du modèle aux données invite à considérer une probabilité d'achat de 61%<sup>6</sup> s'il ne présente aucune difficulté (cas de figure extrêmement rare) versus 7% s'il s'avère en limite de compatibilité. Entre ces deux bornes, la probabilité d'achat évolue de façon linéaire ; elle est nulle au-delà du seuil de compatibilité. Ainsi calibré, le modèle USIDDI prévoit les ventes pour les périodes suivantes par itérations successives. Le test de sa qualité repose sur la confrontation des prévisions qu'il formule aux ventes réellement observées (encadré 3).

---

### **Encadré 3 : Test de la qualité du modèle USIDDI**

Pour la France, le modèle USIDDI prévoit la vente à des particuliers de 2.798 véhicules électriques particuliers en 2013 et de 2.691 véhicules électriques particuliers en 2014, soit une marge d'erreur de 13% pour 2013 et 29% pour 2014 par rapport aux ventes effectivement observées en France sur ces deux périodes. Pour comparaison, un modèle de Bass<sup>7</sup>, qui ne s'appuierait pas sur les difficultés d'usage et n'intégrerait pas de dimension spatiale, prévoit la vente à des particuliers de 1.058 véhicules électriques particuliers en 2013 et de 1.837 véhicules électriques particuliers en 2014, soit une marge d'erreur de 67% pour 2013 et 52% pour 2014 par rapport aux ventes effectivement observées en France sur ces deux périodes.

Un second test du modèle USIDDI est réalisé sur des données de ventes norvégiennes beaucoup plus étendues. Si le véhicule électrique concerne en effet moins de 1% des

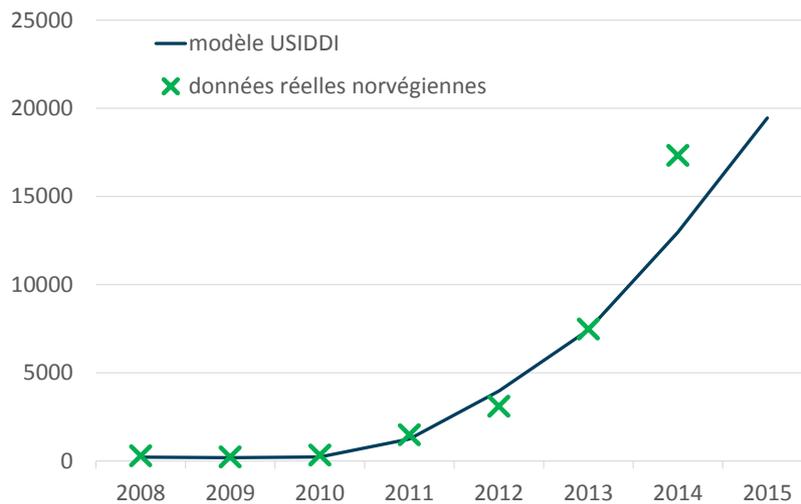
---

<sup>5</sup> Merci à Fabien Barrier d'avoir pris le temps de compiler et de nous envoyer ces données.

<sup>6</sup> Si ce chiffre peut paraître élevé de prime abord, il semble cohérent avec les résultats de deux récents sondages, évaluant à 53% les intentions d'achat pour un véhicule électrique (« Les Français, la voiture et l'environnement », IFOP, 2012, [http://www.ifop.com/?option=com\\_publication&type=poll&id=1995](http://www.ifop.com/?option=com_publication&type=poll&id=1995)) et à 69% s'il n'y avait pas de différence de prix avec un véhicule thermique (« Les Français et la voiture électrique », LH2, 2010, <http://www.youscribe.com/catalogue/presentations/sondage-lh2-pour-metro-les-francais-et-la-voiture-electrique-398941>).

<sup>7</sup> Les prévisions de ventes pour 2013 et 2014 effectuées suivant le modèle de Bass s'appuient sur l'estimation par analyse de régression via SPSS des trois paramètres du modèle ( $M$  = taille du marché potentiel ;  $p$  = coefficient d'innovation ;  $q$  = coefficient d'imitation) sur les données de ventes à des particuliers de véhicules électriques particuliers en France observées entre 2006 (année de première commercialisation) et 2012. Les estimations obtenues ( $M = 16.432$  ;  $p = 0,0007$  ;  $q = 0,9353$ ) sont respectivement cohérentes avec les prévisions de ventes formulées par Xerfi fin 2010 ([http://www.xerfi.com/Newsletter/xerfiactiv/live/Xerfi\\_Secteur-et-marche\\_Philippe-Gattet\\_voiture-electrique.html](http://www.xerfi.com/Newsletter/xerfiactiv/live/Xerfi_Secteur-et-marche_Philippe-Gattet_voiture-electrique.html)) et avec les ordres de grandeur qu'indiquent les méta-analyses référencées dans la littérature pour les coefficients  $p$  et  $q$  (e.g., Jiang, Bass et Bass, 2006).

ventes de véhicules aux particuliers dans tous les pays d'Europe en 2013, il concerne certains mois jusqu'à une vente sur cinq ou sur six en Norvège, que l'on considère traditionnellement comme la championne du monde de l'électromobilité. A nouveau, le modèle USIDDI donne des résultats satisfaisants comme représenté sur le graphique ci-dessous.



Source des données réelles norvégiennes : gronnbil.no<sup>8</sup>

## Résultats du modèle et implications

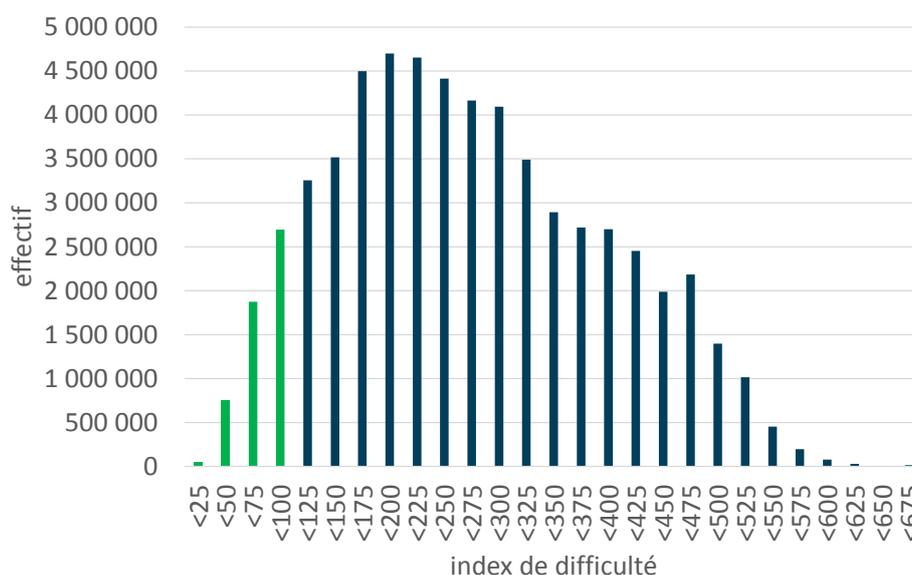
Les résultats du modèle montrent que les constructeurs automobiles et les décideurs publics doivent faire des efforts pour développer le marché du véhicule électrique de manière significative. Pour les orienter, le modèle USIDDI quantifie l'impact de différents leviers de développement et montre la pertinence d'un déploiement géographiquement ciblé, car le potentiel de ventes de véhicules électriques et l'efficacité des leviers diffèrent d'une zone d'emploi à l'autre. Pour faciliter leur visualisation, les résultats sont proposés ci-après en retenant le département plutôt que la zone d'emploi comme unité d'analyse spatiale.

<sup>8</sup> Hannisdahl, Ole Henrik, Ladbare biler i Norge. *Grønn Bil*. Adresse : <http://www.gronnbil.no/statistikk/>.

## Des prévisions de ventes décevantes

La simulation ne concerne que les véhicules particuliers électriques purs sur le marché des particuliers. Elle a été effectuée en prenant pour hypothèse un bonus gouvernemental de 6 300 € pour l'achat d'un véhicule électrique comparable à la Renault Zoé, qui coûte environ 21 000 € hors bonus. Par ailleurs, elle considère un environnement technologique stable. Les résultats du modèle doivent être appréciés dans cette perspective.

Figure 2 : Compatibilité des Français avec le véhicule électrique



Comme représenté en Figure 2, un peu plus de 9 % de la population française serait *a priori* compatible avec le véhicule électrique (index de difficulté inférieur à 100). Autrement dit, si toutes les personnes compatibles achetaient un véhicule neuf tous les dix ans, le véhicule électrique atteindrait entre 25 et 30 % de part de marché en France. En allant plus loin, moins de 0,1% de la population française serait très compatible avec le véhicule électrique (index de difficulté inférieur à 25). En suivant le même raisonnement, si seules les personnes très compatibles achetaient un véhicule neuf tous les dix ans, le véhicule électrique n'attendrait alors que 0,3 % de part de marché.

Bien sûr, ces estimations correspondent au potentiel statique du véhicule électrique dans le scénario de base, qui s'appuie sur les hypothèses d'un bonus gouvernemental de 6 300 € pour seul soutien au déploiement du véhicule électrique et d'un environnement

technologique stable. Mais toutes les personnes compatibles ne vont pas acheter un véhicule électrique. En termes de ventes, les estimations sont donc encore plus pessimistes et invitent constructeurs automobiles et décideurs publics à réfléchir sérieusement aux leviers à leur disposition pour accélérer la diffusion du véhicule électrique.

### L'impact des leviers « valeur »

Pour accélérer la diffusion du véhicule électrique, les constructeurs automobiles et les décideurs publics peuvent actionner différents leviers. Les entretiens et ateliers de travail mentionnés plus haut invitent à distinguer les leviers « coûts », qui réduisent le surcoût du véhicule électrique par rapport au véhicule thermique (e.g., bonus à l'achat comme en France, péage urbain n'affectant pas les véhicules électriques comme à Londres), des leviers « valeur », qui accroissent la valeur perçue du véhicule électrique par rapport au véhicule thermique (e.g., accès aux voies réservées aux bus).

Ces deux types de levier ont été pris en compte dans le modèle USIDDI. Leur calibration a été faite en parallèle de la calibration des difficultés, en recourant aux mêmes experts et de façon très conservatrice dans le cas particulier des leviers « valeur ». Le modèle USIDDI permet ainsi de comparer l'impact de l'ensemble des leviers identifiés en termes de compatibilité avec le véhicule électrique par rapport au scénario de base qui inclut uniquement un bonus de 6 300 €.

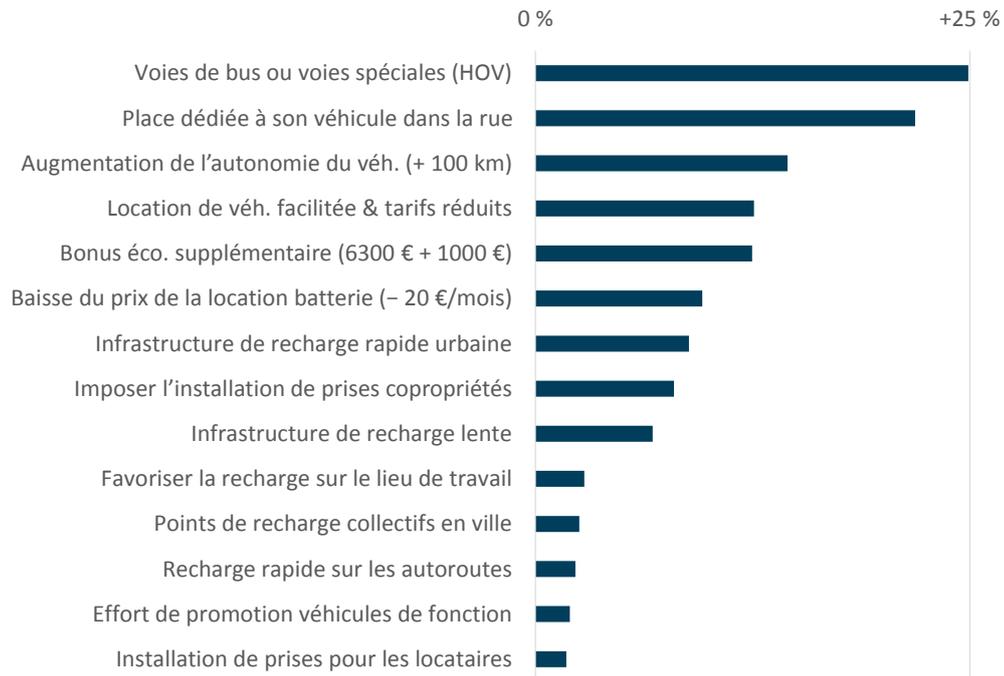
Les leviers « valeur » apparaissent particulièrement influents (Figure 3). En particulier, l'accès à des voies prioritaires (de bus, de covoiturage...) a un impact majeur sur le potentiel du véhicule électrique. D'une part, il réduit l'incertitude sur l'autonomie du véhicule en cas de bouchons<sup>9</sup> et, ce faisant, l'une de ses contraintes par rapport aux véhicules thermiques. D'autre part, il crée de la valeur pour les conducteurs potentiellement confrontés à ces mêmes bouchons. Ce résultat est confirmé par des enquêtes conduites en Californie, où de nombreux conducteurs de véhicules électriques déclarent l'accès à des voies dédiées comme la principale motivation de leur choix<sup>4</sup>. Si un tel bénéfice ne peut être proposé de manière pérenne, car il conduirait à terme à encombrer les voies prioritaires, on

---

<sup>9</sup> En effet, même si le moteur d'un véhicule électrique ne consomme rien à l'arrêt, le chauffage en hiver et la climatisation en été réduisent l'autonomie même à l'arrêt.

peut imaginer, comme en Californie, une révision régulière de cette disposition et sa limitation dans le temps.

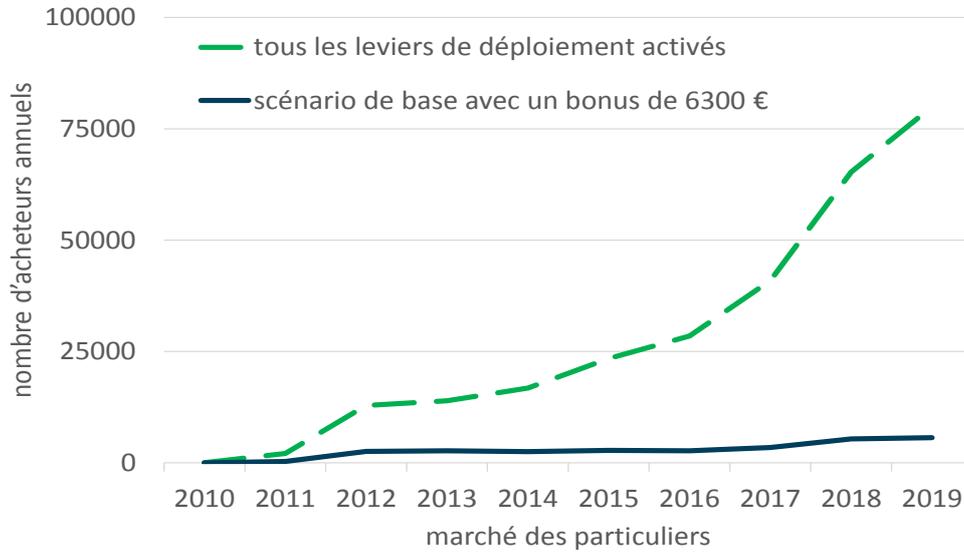
Figure 3 : Impact des leviers sur le nombre d'individus compatibles (scénario de base)



En allant plus loin, l'efficacité de certains leviers varie d'un département à l'autre, à l'instar de la mise en place de voies prioritaires dont l'efficacité dépend des contraintes de circulation rencontrées par les habitants. De manière tout aussi intéressante, les leviers les plus influents ne sont pas nécessairement les plus coûteux à actionner. Réciproquement, le coût connu de certaines mesures donne un point de référence pour calibrer le budget qui pourrait être consacré à d'autres mesures qui présenteraient au moins la même efficacité. Ainsi, plutôt que de baisser la location de la batterie de 20 € par mois, une marque proposant des véhicules électriques pourrait choisir de faire bénéficier ses clients d'une formule avantageuse pour la location de véhicules thermiques.

Le modèle USIDDI montre finalement que les leviers identifiés permettent de développer le marché du véhicule électrique de façon significative. Ainsi, l'activation du levier le plus influent dans chaque département augmenterait le potentiel de ventes de plus de 30 % en rendant compatibles près de 7 % de la population française. Mieux encore, l'activation simultanée de tous les leviers identifiés rendrait compatibles près de 20 % de la population française, portant le marché à près de 70 000 véhicules en 2020, soit un ordre de grandeur réaliste dans le secteur de l'automobile (Figure 4).

Figure 4 : Ventes annuelles prévues par USIDDI

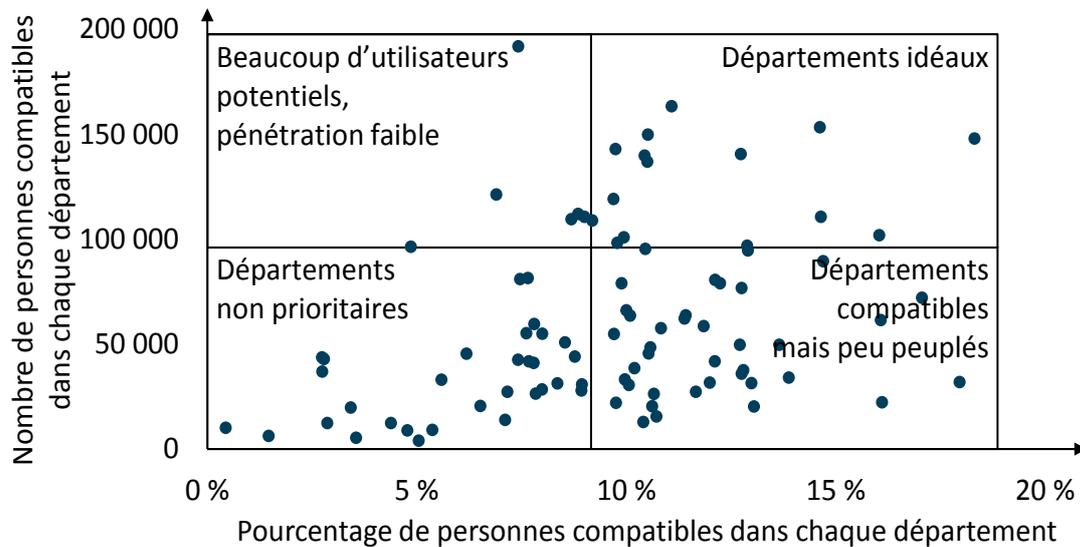


### La pertinence d'un déploiement ciblé géographiquement

L'approche classique en marketing pour déployer un produit ou un service à offrir consiste à sélectionner des profils compatibles avant de concevoir des campagnes publicitaires pour s'adresser à eux. Le modèle USIDDI testé dans cet article met toutefois en évidence de fortes diversités régionales en termes de compatibilité avec le véhicule électrique (encadré 1). Ainsi, Paris et sa petite couronne, l'Eure-et-Loir, la Somme et la Dordogne affichent moins de 2% d'habitants compatibles, quand l'Oise en affiche plus de 18%. Ces différences peuvent *a posteriori* s'expliquer par des variations en matière de type d'habitation, de répartition des revenus ou de distance parcourue pour se rendre au travail.

Quoi qu'il en soit, ces différences invitent à une approche marketing plus ciblée géographiquement, qui consisterait à sélectionner les zones présentant la densité de véhicules nécessaires au développement de l'infrastructure afin de familiariser les consommateurs avec le véhicule électrique qu'ils auraient vu chez leur voisin (Maniak *et alii*, 2012). Idéalement, ces zones doivent afficher un pourcentage élevé d'individus compatibles tout en étant densément peuplées. Le croisement de ces deux critères permet de distinguer quatre types de département (Figure 5).

Figure 5 : Classification des départements par rapport au déploiement de l'innovation



Des départements idéaux, densément peuplés d'individus et affichant une forte compatibilité, devraient être priorités lors du déploiement (e.g., l'Oise, la Moselle). Inversement, des départements non prioritaires, peu peuplés et affichant une faible compatibilité, ne devraient être considérés que dans une seconde phase de déploiement (e.g., la Lozère, l'Eure-et-Loir). A côté, certains départements peu peuplés affichent une forte compatibilité (e.g., le Lot, les Hautes-Alpes), quand d'autres départements très peuplés affichent une plus faible compatibilité (e.g., le Nord, le Rhône). Pour ces derniers, le modèle USIDDI peut être utilisé par les pouvoirs publics afin d'identifier les principales raisons de non compatibilité dans chacun de ces départements et de concevoir des plans d'action différenciées localement. Dans certains départements ruraux par exemple, des mesures visant à réduire les difficultés liées à l'autonomie (e.g., augmentation de la capacité de la batterie, installation de bornes de recharge rapide sur les grands axes de déplacements quotidiens) pourraient avoir un impact fort. À l'inverse, dans des départements très urbains, notamment à Paris, l'augmentation du nombre de places de recharge dédiées dans la rue ou de points de recharge collectifs facilement accessibles et réservables compterait parmi les mesures les plus efficaces. De fait, si le top 3 des raisons de non compatibilité est assez similaire d'un département à un autre, les leviers pour y remédier peuvent largement différer.

## Discussion

L'histoire regorge d'échecs dans le déploiement de l'innovation de rupture, quand précisément le développement, la production et le lancement de ce type d'innovation constituent des investissements considérables pour les entreprises. Parce que le passage à l'échelle dans le déploiement constitue une phase décisive dans le succès de l'innovation de rupture, Vernet et Tissier-Desbordes (2013) ont récemment appelé la communauté académique à développer de nouveaux outils pour aider les managers à le préparer et l'accompagner. Le présent article s'inscrit à la suite de cet appel en proposant le modèle de prévision USIDDI.

## Contributions théoriques

Sur le plan théorique, le modèle USIDDI est un modèle de prévision spatial fondé sur les usages individuels, ce qui en fait un modèle tout à fait original au sein de la littérature en marketing. Précisément, le modèle USIDDI s'appuie sur une calibration exogène des difficultés rencontrées par les consommateurs dans l'usage de l'innovation de rupture afin de déterminer la compatibilité de chacun avec celle-ci. Penser le déploiement d'une innovation de rupture en analysant ses usages permet de dépasser les approches traditionnellement fondées sur des données déclaratives recueillies auprès de clients incapables d'en comprendre les usages (Linton, 2002 ; Ballot *et alii*, 2007). Par rapport à un modèle en entonnoir (e.g., Windisch, 2013), qui imposerait une hiérarchie des difficultés rencontrées par les consommateurs, le modèle USIDDI nécessite davantage de calibrations, car il suppose d'estimer l'impact de chaque difficulté potentielle sur l'achat. Plus fin, il présente toutefois l'avantage d'intégrer davantage d'éléments susceptibles d'influencer la compatibilité du consommateur avec l'innovation de rupture. Au-delà, et à l'instar d'autres modèles de diffusion spatiale classiques en marketing (e.g., Le Nagard et Steyer, 1995 ; Steyer, 2005), le modèle USIDDI tient compte de l'hétérogénéité géographique dans la diffusion dynamique de l'innovation de rupture et sa prévision de ventes. Il s'en distingue d'une certaine manière en tenant également compte plus en amont de l'hétérogénéité géographique dans la modélisation de la compatibilité de l'individu avec l'innovation de rupture.

Le modèle USIDDI est illustré en utilisant les données du marché du véhicule électrique. Il s'inscrit ainsi à la suite d'autres travaux conduits sur la prévision de la demande pour le véhicule électrique, initiés dès 1996 par Urban et ses collègues. Par rapport au modèle d'Urban et de ses collègues (1996), le modèle USIDDI est plus un outil d'optimisation du déploiement qu'un outil de prise de décision du type « go / no go ». Se positionnant en aval du développement du produit, il repose sur une plus grande richesse d'informations sur les difficultés d'usage d'une telle innovation, quand le modèle d'Urban et de ses collègues (1996) repose sur l'interrogation coûteuse (entre 100.000 et 300.000 dollars) de consommateurs probablement incapables de les évaluer. Plus proche du modèle USIDDI, dans le champ de l'économie du transport, Windisch (2013) a récemment proposé un modèle d'évaluation du nombre de consommateurs compatibles avec le véhicule électrique fondé sur les usages. Toutefois, son modèle en entonnoir ne peut tenir compte de la séquence d'usage complète dans une perspective plus intégrative et ne va pas jusqu'à simuler les ventes sur le marché.

Développé dans le contexte de la mobilité durable, le modèle USIDDI pose finalement la question de sa genericité et de sa valeur ajoutée au-delà de ce champ d'application spécifique. Pour y répondre, il est rappelé que le véhicule électrique constitue une innovation systémique (von Pechmann *et alii*, 2015), autant qu'une innovation de rupture (Midler *et alii*, 2010 ; Charue-Duboc et Midler, 2011 ; von Pechmann *et alii*, 2015). La valeur d'usage du véhicule électrique dépend en effet fortement du système d'électromobilité dans lequel il s'inscrit (e.g., règle d'urbanisme, infrastructure de recharge), ce qui en fait bien une innovation systémique, au sens où des modifications importantes interviennent dans le fonctionnement de la chaîne de valeur. Par ailleurs, considérant les changements technologiques et identitaires qui accompagnent son développement, le véhicule électrique présente bien également les caractéristiques de l'innovation de rupture. Le modèle USIDDI offre donc finalement une pertinence spécifique dans la prévision de la demande pour les innovations systémiques et de rupture, car il autorise une modélisation conjointe des difficultés d'usage de l'innovation produit elle-même et de celles de son écosystème associé. A cet égard, la logique du modèle USIDDI pourrait notamment être appliquée au cas de la maison connectée, dont les innovations induisent autant de transformation dans les usages (e.g., régulation à distance de la température de la maison) que dans la chaîne

de valeur (e.g., les utilisateurs de panneaux solaires peuvent devenir des producteurs d'énergie), et implique aussi une transformation des usages.

En allant plus loin, de nombreuses innovations, à l'image du véhicule électrique, impliquent une expérience préalable d'usage réelle pour permettre aux utilisateurs d'en appréhender la valeur correctement. Prévoir leur diffusion implique alors de simuler cet apprentissage. Dans certains secteurs, cet apprentissage est indépendant du contexte géographique, à l'instar des jeux vidéo, lancés à l'échelle mondiale, et dont la prescription s'opère largement par des réseaux sociaux sans inscription territoriale. Dans d'autres secteurs, l'apprentissage de l'innovation diffère d'un lieu à l'autre, du fait notamment du rôle majeur de la prescription locale. Là encore, les innovations associées au cas de la maison connectée offrent des illustrations de choix du fait de leur forte dépendance au contexte local (e.g., conditions météorologiques locales : ensoleillement ? humidité ? structures de logement type au niveau local : maisons individuelles, partagées ou immeubles collectifs ?). La logique du modèle USIDDI, qui repose notamment sur l'hypothèse d'une diffusion locale de l'innovation, peut ainsi s'avérer d'autant plus pertinente lorsqu'il s'agit de modéliser la demande pour des innovations fortement dépendantes de paramètres locaux.

Dans tous les cas de généralisation du modèle USIDDI, la logique de la modélisation peut être préservée et les paramétrages facilement identifiés à condition bien sûr d'adapter les critères de calibration et de disposer d'une base de données appropriée.

## Implications managériales

*In fine*, le modèle USIDDI met en évidence des prévisions de ventes très loin de l'objectif que s'était fixé le groupe Renault-Nissan de vendre 1,5 million de voitures électriques d'ici à la fin de 2016<sup>10</sup> et des ambitions affichées par les plans de lutte internationaux contre le réchauffement climatique. Ces prévisions sont probablement loin également des seuils fixés par les contrôleurs de gestion pour rentabiliser un programme de développement de produits d'une telle envergure.

---

<sup>10</sup> Le Monde, « Voiture électrique : couac pour Renault-Nissan » (11 Novembre 2013).

Sur le plan normatif, et face à ces résultats décevants, le modèle USIDDI appelle les acteurs à imaginer un plan de déploiement différent des démarches commerciales traditionnellement mobilisées et les accompagne dans cette perspective. En effet, comme de nombreux modèles inspirés du modèle de Bass (1969), le modèle USIDDI permet de quantifier l'impact de différents scénarios stratégiques susceptibles d'accélérer la diffusion du véhicule électrique. Il montre ainsi qu'en activant les leviers adaptés, le véhicule électrique peut significativement pénétrer le marché de masse et devenir une réelle alternative dans un paysage automobile reconfiguré. Plus précisément, le modèle USIDDI met en évidence l'efficacité des leviers qui accroissent la valeur perçue du véhicule électrique par rapport au véhicule thermique (e.g., accès aux voies de bus, réservation de places de parking dédiées dans la rue), soit des leviers potentiellement peu coûteux pour les pouvoirs publics. Les leviers qui réduisent le coût du véhicule électrique par rapport au véhicule thermique sont souvent plus faciles à mettre en place, mais leur impact semble plus réduit. Ainsi, le modèle USIDDI questionne les politiques gouvernementales mises en œuvre pour soutenir le déploiement du véhicule électrique. Il montre qu'au-delà d'incitations à l'achat, il est utile et important de soutenir les utilisateurs de véhicules électriques tout au long de la séquence d'usage, que ce soit pour la recharge à domicile, la recharge publique, ou pour la conduite.

Sur un plan normatif plus managérial, le modèle USIDDI justifie enfin l'intérêt d'un lancement commercial ciblé localement, qui s'oppose aux lancements nationaux habituellement orchestrés sur le marché automobile. Il montre au contraire l'importance d'une approche géolocalisée, permettant une concentration locale d'efforts sur des leviers à fort impact, qui déclenchent ensuite des effets de prescription en cascade. Pour les managers, la compréhension des usages de leur innovation de rupture constitue probablement le principal défi de l'application du modèle USIDDI. En l'absence de disponibilité de données du type de celles qui ont été utilisées pour le véhicule électrique (i.e., des données INSEE), ils seront amenés à commander des études *ad hoc* qui alourdiront le coût de la démarche. Leur dernier défi sera de faire accepter les conclusions issues du modèle à leur direction et de la convaincre de mettre en place des leviers de soutien qui sortiront certainement des procédures habituelles de leur entreprise.

## Limites et voies de recherche

Les bons résultats obtenus par le modèle USIDDI encouragent son application à d'autres innovations aussi variées que l'imprimante 3D ou les lunettes connectées, ce qui permettrait au passage de développer sa validité externe. Pour ce faire, il convient de souligner que le modèle USIDDI repose sur certaines hypothèses et certains choix méthodologiques. D'abord, toutes les simulations concernent des véhicules particuliers électriques purs sur le marché des particuliers. Le modèle pourrait toutefois être adapté à l'analyse du marché du véhicule hybride rechargeable, quand le marché des ventes flottes devra faire l'objet d'analyse séparée. Notons que la calibration très conservatrice de l'impact des difficultés et des leviers par des experts, préconisée par Mahajan et ses collègues (1990), comme l'hypothèse de stabilité technologique, conduit à sous-estimer la demande du véhicule électrique, comme de toute innovation de rupture de manière plus générale.

En termes de voie de recherche, une prochaine étape pourrait consister à intégrer le coût estimé des leviers qui ont été identifiés directement dans le modèle USIDDI, qui déterminerait alors automatiquement la rentabilité prévisionnelle d'un projet d'innovation dans son ensemble, en tenant à la fois compte des investissements initiaux et des investissements de déploiement. On obtiendrait ainsi un outil encore plus opérationnel pour aider les industriels et les pouvoirs publics à prioriser leurs actions dans la perspective d'un déploiement plus efficace.

## Bibliographie

Bass F.M. (1969), A new product growth for model consumer durables, *Management Science*, 15, 5, 215-227.

Ballot E., Ségrestin B. et Weil B. (2007), Innovation et variété : comment sortir de l'embarras du choix ? Leçons du cas de l'automobile, *Décisions Marketing*, 48, Octobre-Décembre, 59-73.

Cestre G. (1996), Diffusion et innovativité : définition, modélisation et mesure, *Recherche et Applications en Marketing*, 11, 1, 69-88.

Charue-Duboc F. et Midler C. (2011), Quand les enjeux environnementaux créent des innovations stratégiques, *Revue Française de Gestion*, 215, 6, 107-122.

Chatterjee R. et Eliashberg J. (1990), The innovation diffusion process in a heterogeneous population: A micromodeling approach, *Management Science*, 36, 9, 1057-1079.

- Christensen C.M. (1997), *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*, Boston, MA, Harvard Business School Press.
- Cliff A.D. et Ord J.K. (1975), Model building and the analysis of spatial pattern in human geography, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 37, 3, 297-348.
- El Ouardighi F. et Tapiero C.S. (1997), Modèles de diffusion en marketing, *Recherche et Applications en Marketing*, 12, 4, 15-40.
- Fourt L.A. et Woodlock J.W. (1960), Early prediction of market success for new grocery products, *Journal of Marketing*, 25, 2, 31-38.
- Gatignon H. et Robertson T.S. (1985), A propositional inventory for new diffusion research, *Journal of Consumer Research*, 11, 4, 849-867.
- Gotteland D. et Haon C. (2005), *Développer un nouveau produit: Méthodes et outils*, Pearson Education.
- Hägerstrand T. (1952), *The propagation of innovation waves*, Lund Studies in Geography.
- Jiang Z., Bass F.M. et Bass P.I. (2006), Virtual Bass Model and the left-hand data-truncation bias in diffusion of innovation studies, *International Journal of Research in Marketing*, 23, 1, 93-106.
- Le Nagard E. et Steyer A. (1995), La prévision des ventes d'un nouveau produit de télécommunication: Probit ou théorie des avalanches? *Recherche et Applications en Marketing*, 10, 1, 57-68.
- Linton J.D. (2002), Forecasting the market diffusion of disruptive and discontinuous innovation, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49, 4, 365-374.
- Mahajan V., Muller E. et Bass F.M. (1990), New product diffusion models in marketing: A review and directions for research, *Journal of Marketing*, 54, 1, 1-26.
- Mahajan V. et Peterson R.A. (1979), Integrating time and space in technological substitution models, *Technological Forecasting and Social Change*, 14, 3, 231-241.
- Maniak R., Midler C. et von Pechmann F. (2012), Évaluer l'importance stratégique des marchés précurseurs, In Midler C., Ben Mahmoud-Jouini S. et Maniak R. (coord.), *Management de l'innovation de rupture – Nouveaux enjeux et nouvelles pratiques*, Palaiseau, Éditions de l'École polytechnique, 35-50.
- Midler C., Denervaud I., Tchong H. et de Broca M. (2010), L'innovation de rupture à l'épreuve du feu, *L'Expansion Management Review*, 139, 4, 28-37.
- Moore G.A. (1991), *Crossing the chasm: Marketing and selling high-tech products to mainstream customers*. New York, NY, Harper Business.
- Moore G.A. (1995), *Inside the tornado: marketing strategies from Silicon Valley's cutting edge*. New York, NY, Harper Business.
- Moorman C. et Miner A.S. (1998), The convergence of planning and execution: Improvisation in new product development, *Journal of Marketing*, 62, 3, 1-20.
- Rogers E.M. (2003), *Diffusion of innovations*, Fifth edition. New York, NY, Free Press.

Steyer A. (2005). Géométrie de l'interaction sociale : le modèle de diffusion en avalanches spatiales, *Recherche et Applications en Marketing*, 20, 3, 3-20.

Urban G.L., Weinberg B.D. et Hauser J.R. (1996), Premarket forecasting of really-new products, *Journal of Marketing*, 60, 1, 47-60.

Vernette E. et Tissier-Desbordes E. (2013), Managers et académiques : mêmes dilemmes face à l'innovation, *Décisions Marketing*, 70, Avril-Juin, 5-8.

von Pechmann F., Midler C., Maniak R. et Charue-Duboc F. (2015), Managing systemic and disruptive innovation: lessons from the Renault Zero Emission Initiative, *Industrial and Corporate Change*, 24, 3, 677-695.

Windisch E. (2013) Driving electric? A financial assessment of electric vehicle policies in France, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université Paris-Est, Créteil.

## **Annexe : Précisions sur la calibration du modèle de diffusion locale**

Une annexe méthodologique justifiant l'ensemble des choix relatifs aux difficultés mobilisées ainsi qu'à leur calibration est proposée en téléchargement au lecteur intéressé<sup>11</sup>. Dans la présente annexe, nous explicitons la calibration des difficultés ajoutées lors de la modélisation de la diffusion locale.

### **Calibration de la difficulté liée au manque de connaissance et de familiarité**

La familiarité à l'égard du produit et la connaissance du produit contribuent à la diffusion de l'innovation de rupture. La familiarité à l'égard du produit dépend de sa diffusion dans l'entourage proche. La difficulté liée au manque de familiarité à l'égard du produit devrait donc se réduire en proportion de la pénétration du véhicule dans la zone géographique de la personne. Le modèle prend donc en compte la proportion cumulée d'acheteurs dans la zone d'emploi (la plus petite zone autour de l'acheteur), le département ou le pays entier en retenant la valeur de pénétration cumulée la plus élevée parmi :

- la pénétration cumulée dans la zone d'emploi ;
- la pénétration cumulée dans le département divisée par deux ;
- la pénétration cumulée dans le pays entier divisée par quatre.

En-dessous d'un seuil de 0,1 % qui ne concerne que des adopteurs précoces, trop extrêmes dans leur consommation pour avoir de réels effets d'entraînement sur leur entourage, la pénétration cumulée n'a pas d'impact sur la diffusion de l'innovation. Au-delà, la difficulté liée au manque de familiarité baisse de façon linéaire en fonction de la pénétration cumulée.

La connaissance du produit peut s'obtenir par une exposition directe au dit produit. La difficulté liée au manque de connaissance du produit devrait donc baisser plus vite dans les zones les plus densément peuplées. Pour l'intégrer, nous avons calculé, sur la base de données INSEE (2010), un index de densité de population (de 21 pour Paris à 0,5 pour Mont-de-Marsan - Haute-Lande). La difficulté liée au manque de connaissance du produit

---

<sup>11</sup> <http://cecile.chamaret.free.fr/recherche/Publi/AnnexeVE.pdf>

se présente alors comme le produit de la pénétration cumulée et de l'index de densité de population, auquel nous appliquons une fonction linéaire qui fait baisser les difficultés. Année après année, le modèle recalcule la difficulté liée à la connaissance en tenant compte de la pénétration cumulée de l'année précédente.

### **Calibration de la difficulté liée au cycle d'achat**

La fréquence de renouvellement du véhicule est propre à chaque individu et tient compte du kilométrage annuel parcouru par l'individu et du kilométrage moyen au compteur des véhicules achetés dans des conditions similaires. Ce kilométrage moyen est déterminé à partir des données de la base en distinguant les cas suivants : neuf, presque neuf, d'occasion auprès d'un professionnel ou d'occasion auprès d'un particulier. Pour un individu, le prochain changement de véhicule intervient à un multiple de ce kilométrage moyen. Par exemple, le changement intervient en moyenne à 66 649 km pour un véhicule acheté neuf. Dès lors, un véhicule affichant 30 000 km au compteur sera changé autour de 66 649 km, quand un véhicule affichant 100 000 km au compteur sera changé autour de  $2 \times 66\,649$  km (133 298 km). Ce dernier choix méthodologique vise à lisser les renouvellements pour les véhicules qui auraient dépassé les premiers 66 649 km. En fonction du nombre de km à parcourir et du kilométrage annuel parcouru, nous pouvons donc estimer, pour chaque individu, le nombre d'années à courir avant le prochain changement. Finalement, la difficulté individuelle liée au cycle d'achat est maximale, de 25, l'année suivant le renouvellement du véhicule et décroît linéairement jusqu'à s'annuler l'année du renouvellement suivant.

### **Calibration de la difficulté liée à l'offre de véhicules électriques**

L'absence d'offre les premières années justifie l'affectation d'une difficulté élevée, de 50, qui diminue avec le lancement de nouveaux modèles sur le marché. Chaque nouveau modèle 100 % électrique produit en série et commercialisé pendant une année entière (resp. un semestre entier) auprès des particuliers fait baisser la difficulté de 10 (resp. de 5).