

Séminaire de recherche Management de l'innovation : théories et pratiques

# Les technologies éternellement émergentes<sup>1</sup>

Depuis leur origine, les théories de diffusion de l'innovation postulent que la vie des produits suit une courbe de Gauss, qui les mène de l'émergence à la croissance, puis de la maturité au déclin et à la disparition (Kline, 1955 ; Levitt, 1965 ; Cox 1967, Moore, 1991 ; Golder et Tellis, 1997 ; Gladwell, 2003). On distingue parallèlement cinq catégories de consommateurs (Rogers, 1995), correspondant à chacune des phases de la vie du produit (les innovateurs, les adopteurs précoces, la majorité précoce, la majorité tardive et enfin les retardataires), alors que la diffusion de l'innovation est censée suivre une fonction liée à un coefficient d'innovation et à un coefficient d'imitation (Bass, 1969).

Or, ce modèle est contredit par un certain nombre d'anomalies : on connaît ainsi des phénomènes de *dématuration* (au lieu de décliner, le marché repart en croissance après avoir atteint la maturité : ce fut le cas du verre avec la mise au point du verre flotté), de *résurrections* (nouvelle émergence après un déclin : le scooter, la trottinette, la console de jeux vidéo, etc.) ou de *déclin prolongé* (le minitel, le disque microsillon et beaucoup d'exemples qui relèvent de la longue traîne identifiée par Anderson (2007)).

Par ailleurs, de très nombreuses innovations ne parviennent pas à traverser le « chasm » décrit par Moore (1991) : elles disparaissent dès le début de la phase d'émergence, n'ayant pas réussi leur entrée sur le marché, généralement du fait du succès d'un standard concurrent. À côté de ces échecs patents (la polavision, le bookman, la DCC, le Newton, le HD-DVD, etc.), on peut observer des anomalies particulièrement instructives : les *technologies éternellement émergentes*. Une technologie éternellement émergente est une innovation qui se maintient durablement en phase d'émergence. Alors même que son succès commercial reste inexistant, on continue à prédire sa croissance imminente. Plusieurs exemples de technologies éternellement émergentes peuvent être étudiés : le cinéma en relief, le visiophone, le tablet PC, la RFID (dans la distribution) ou encore la domotique. Cependant, le cas le plus emblématique – puisque son émergence se poursuit depuis plus d'un siècle – est incontestablement la voiture électrique. Cet exemple est particulièrement instructif, car tout autant les raisons qui poussent certains analystes à annoncer l'imminence de l'émergence de la voiture électrique que celles qui expliquent effectivement son échec répété permettent d'enrichir notre compréhension des phénomènes de diffusion des innovations.

## 1. Le concept de cycle de vie

Le concept de cycle de vie a été défini dans les années 1950 et 1960, notamment par Kline (1955), Levitt (1965) et Cox (1967), avant d'être testé empiriquement dans les années 1970, et enfin intégrée à l'arsenal des analyses marketing dans les années 1980.

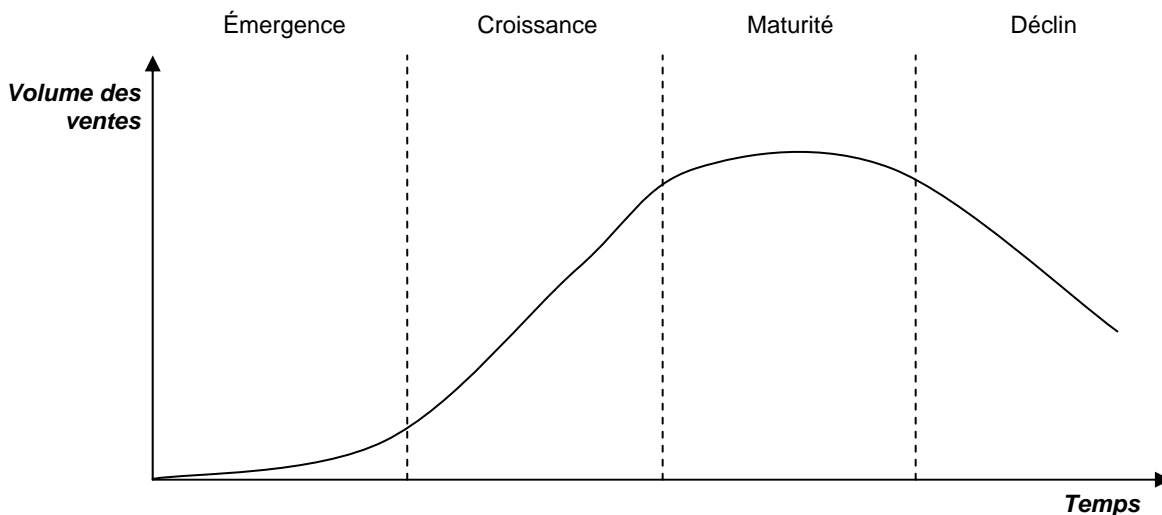
---

<sup>1</sup> Une version antérieure de ce texte est parue sous la forme d'un chapitre dans l'ouvrage coordonné par A. Bloch et D. Manceau, *De l'idée au marché*, Vuibert, 2000.

## 1.1. La courbe de vie

Le cycle de vie est le plus souvent représenté sous la forme d'une courbe d'évolution du volume des ventes en fonction du temps, qui suit un tracé en cloche permettant d'identifier quatre phases distinctes (figure 1).

**Figure 1**  
**La courbe de vie d'un produit**



Certains auteurs distinguent cependant cinq phases, soit en décomposant la phase de croissance en « croissance précoce » et « croissance tardive » (Shapiro et al, 1985), soit en introduisant une phase de « restructuration » ou de « turbulence » (*shakeout*) entre la croissance et la maturité (Wasson, 1974 ; McKiernan, 1992). Quoi qu'il en soit, comme le remarquent Onkvisit et Shaw (1989), ces classifications plus détaillées ne modifient pas significativement le modèle.

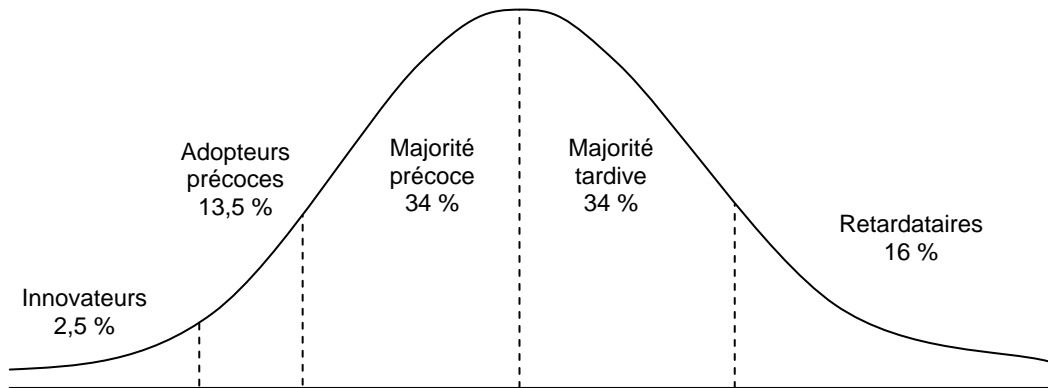
Par ailleurs, les nombreuses vérifications empiriques du concept (Polli et Cook, 1969 ; Dhalla et Yuspeh, 1979 ; Evans, 1983) ont montré que si la courbe en cloche est la plus fréquente, d'autres types d'évolution existent également. Une nouvelle campagne de communication, l'introduction d'une amélioration technique ou la mise en place d'un nouveau type de distribution peuvent suffire à assurer le succès d'un lancement, à dynamiser des ventes déclinantes, ou au contraire à précipiter une obsolescence. Kotler et Keller (2008) présentent ainsi 6 formes de courbes différentes et rappellent qu'on peut en identifier jusqu'à 17 types distincts. De même, à l'issue d'un considérable travail de recueil de données, Evans (1983) constate que les courbes de vie dans l'automobile, la pharmacie et l'alimentaire sont « erratiques ». De leur côté, Dhalla et Yuspeh (1979) se sont appuyés sur cette très forte dispersion pour mettre en cause l'utilité du concept : s'il y a autant de courbes que de produits, on gagne en précision ce que l'on perd en instrumentalité, et le cycle de vie ne fait que refléter les décisions des concurrents (tout en les motivant, ce qui provoque de très gênantes *self-fulfilling prophecies*). Shapiro *et al.* (1985) remarquent cependant que cette inflation topologique disparaît dès lors que l'on cesse de se placer au niveau de chaque produit. À l'échelle des gammes ou des catégories de produits, la courbe en cloche et ses quatre phases réapparaissent comme la configuration dominante.

## 1.2. Cycle de vie et diffusion des innovations

Rogers (1995) a proposé une déclinaison du modèle du cycle de vie en se centrant sur la question de la diffusion des innovations. Cela lui a permis de distinguer cinq catégories de consommateurs en fonction de leur vitesse d'adoption de l'innovation. Cette représentation

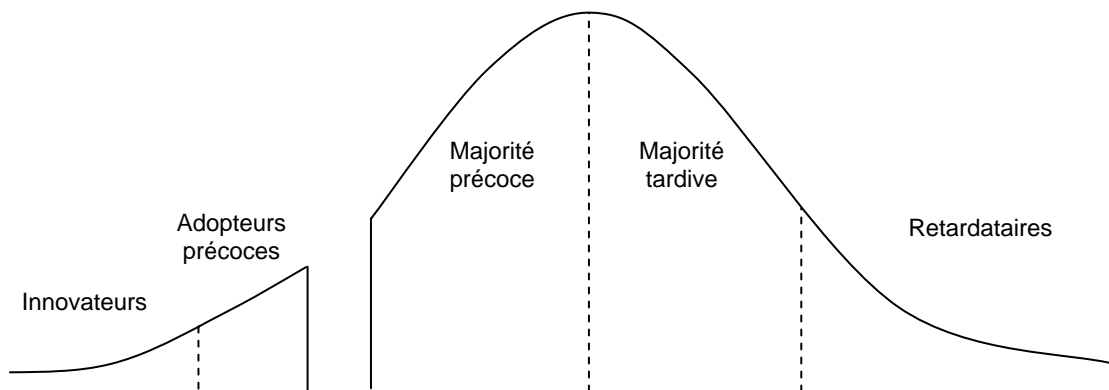
permet de retrouver la courbe de Gauss, chaque catégorie de consommateur étant caractéristique de l'une des phases du cycle de vie (figure 2).

**Figure 2**  
**La répartition des consommateurs selon l'adoption d'une innovation (Rogers, 1995)**



Cette représentation – largement adoptée par les chercheurs et les praticiens (Le Nagard-Assayag et Manceau, 2005) – a notamment été utilisée par Moore (1991), qui a identifié une rupture (ou « chasm ») entre les adopteurs précoces et la majorité précoce (figure 3). Les innovations réussies sont celles qui réussissent à franchir cet abîme.

**Figure 3**  
**Le « chasm » identifié par Moore (1991)**



La vitesse de diffusion des innovations, quand à elle, est généralement déterminée par le modèle proposé par Bass (1969), qui suit la formule suivante :

$$n_t = (a + bN_t) (M - N_t)$$

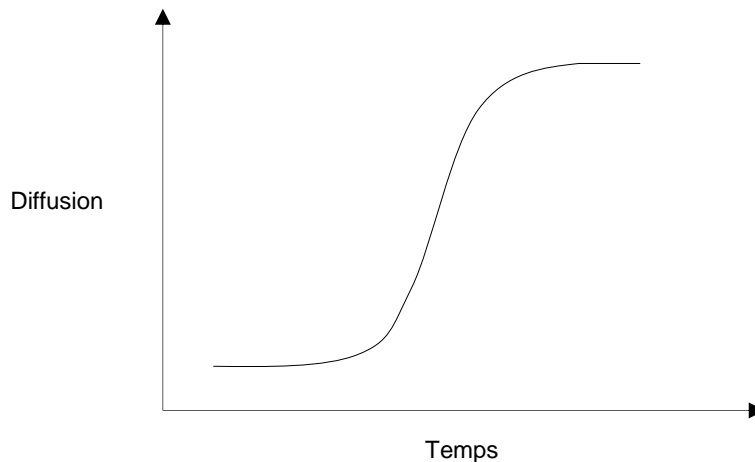
- où
- t représente le temps écoulé depuis le lancement
  - M est le potentiel ultime de diffusion de l'innovation
  - $N_t$  les ventes cumulées depuis le lancement jusqu'à la période t
  - $n_t$  les ventes à la période t
  - a le coefficient d'innovation (attractivité intrinsèque de l'offre)
  - b le coefficient d'imitation (influence du bouche-à-oreille ou des leaders d'opinion)

Ce modèle se traduit par une courbe de diffusion qui prend la forme d'un S, la saturation du potentiel de croissance permettant de retrouver la courbe de Gauss du cycle de vie (figure 4) :

**Figure 4**

**La courbe de diffusion d'une innovation, obtenue par le modèle de Bass (1969)**

---



Cette courbe en S a notamment été perfectionnée par Gladwell (2003), qui s'est intéressé au point de bascule ou *tipping point* (première inflexion avant le décollage des ventes) et par Brown (2005), qui s'est concentré sur le point d'effondrement ou *tripping point*, c'est-à-dire le début de la phase de déclin. Dans les deux cas, ce sont notamment des effets de réseau qui expliquent les brusques revirements de tendance (Chakravorti, 2003).

### 1.3. Cycle de vie et stratégies concurrentielles

L'intérêt principal du modèle du cycle de vie réside dans le fait qu'à chacune des phases correspond une série de caractéristiques spécifiques (figure 5). Vérifiées par des analyses historiques et statistiques, ces caractéristiques permettent non seulement de déterminer dans quelle phase se trouve un produit, mais également de choisir quelle stratégie il est possible de lui affecter.

Pour chacune des phases existe une série d'options stratégiques (Kotler et Keller, 2008). Ainsi, lors de la phase d'émergence, les concurrents peuvent choisir entre l'écrémage (prix élevés, promotion importante) ou la pénétration (prix faible, promotion importante). En croissance, on peut utiliser la segmentation de l'offre ou la multiplication des canaux de distribution. La maturité laisse le choix entre l'expansion (par élargissement de la cible ou de l'usage) ou la modification du marketing mix. Enfin, la phase de déclin pose les questions de l'abandon sélectif, de la récolte définitive (arrêt total des investissements), des barrières à la sortie et de l'existence éventuelle d'un *after-market* (utilisateurs à la recherche de produits dépassés, généralement pour assurer le bon fonctionnement d'équipements anciens et coûteux à remplacer).

Globalement, le modèle du cycle de vie apparaît donc comme un outil particulièrement utile, à la fois aux chercheurs qui souhaitent identifier des configurations récurrentes et aux praticiens soucieux de gérer au mieux l'évolution des produits dont ils ont la charge.

**Figure 5****Les caractéristiques des phases du cycle de vie** (adapté de Onkvisit et Shaw, 1989)

	<b>Émergence</b>	<b>Croissance</b>	<b>Maturité</b>	<b>Déclin</b>
<b>Ventes</b>	Faibles	En augmentation rapide	Maximales	Décroissantes
<b>Marché cible</b>	Hauts revenus	Revenus moyens	Marché de masse	Faibles revenus
<b>Concurrents</b>	Très peu nombreux	Très nombreux	Stables	Quelques spécialistes
<b>Modifications du produit</b>	Fréquentes	Majeures	Mineures	Aucune
<b>Résistance à des conditions défavorables</b>	Minime	Excellente	Dépend des conditions économiques	Accélération du retrait
<b>Fidélité à la marque</b>	Inexistante	En progrès	Forte	Déclinante
<b>Stocks et services</b>	Peu de stocks mais service fréquent	Stocks importants	Complexes et coûteux	Réduits
<b>Objectif</b>	Avertir les clients potentiels	Maximiser la part de marché	Maximiser le profit tout en maintenant la part de marché	Réduire les coûts et profiter des acquis
<b>Profits</b>	Perte	Élevés	Stables	Raisonnables pour les survivants

## 2. Les anomalies prometteuses

Il existe un pourcentage non négligeable de technologies dont le comportement se dérobe à cette modélisation. Certains produits semblent refuser de se plier aux catégories établies, et échappent ainsi à l'arsenal méthodologique développé par les analystes. Or, l'épistémologie et l'histoire des sciences nous apprennent que les progrès ne résident pas dans le conformisme des confirmations, mais dans ce que Gould (1985) appelle les « anomalies prometteuses ».

### 2.1. Quelques exceptions exemplaires

Les principales anomalies que l'on peut recenser sont les suivantes :

1. Les *dématurations*
2. Les *résurrections*
3. Les *déclins prolongés*
4. Les *éternelles émergences*

### 2.1.1. Les dématurations

Les exemples de produits dématurés sont célèbres en management de l'innovation. La *dématuration* caractérise la situation dans laquelle un produit ayant atteint depuis longtemps sa phase de maturité (stabilité des ventes, des technologies, des parts de marché), et dont on est en droit d'attendre le prochain déclin, est soudainement frappé par un bouleversement majeur, qui le précipite dans une nouvelle phase de croissance.

La dématuration est généralement provoquée par une innovation, que celle-ci soit purement technologique ou plutôt d'origine commerciale. Dans la première catégorie, on peut citer le verre plat, transfiguré par le procédé du *float* (refroidissement du mélange de silice sur un bain d'étain) introduit par le verrier britannique Pilkington à la fin des années 1950, ou encore l'acier, révolutionné par la coulée continue et ses économies de réchauffe entre le haut fourneau et le laminoir. Dans la deuxième catégorie, celle des dématurations commerciales, entrent notamment les chaussures de sport, réinventées par Nike (qui le premier a eu l'idée d'étendre leur marché au-delà des athlètes), ou la bicyclette, formidablement relancée par la mode du VTT.

### 2.1.2. Les résurrections

Les spécialistes de marketing ont depuis longtemps souligné le cas des produits *ressuscités*, qui connaissent des rebonds spectaculaires, parfois plusieurs années après leur déclin ou leur disparition.

On peut notamment citer le cas du scooter, cliniquement mort au début des années 1970, et qui est maintenant le véhicule deux roues le plus vendu en Europe. Dans le même ordre d'idée, il est possible de citer les microvoitures, disparues dans les années 1960 (BMW Isetta) et réactualisées avec la Smart et la Toyota IQ, les consoles de jeux vidéo, tuées par les premiers micro-ordinateurs au début des années 1980 (période Atari) avant de renaître quatre ans plus tard (période Sega Nintendo Sony), la trottinette, subitement réapparue au tournant de l'an 2000, ou encore le statoréacteur, mort dans les années 1960 et qui semble pourtant promis à un nouvel avenir avec les futures générations de supersoniques civils.

### 2.1.3. Les déclins prolongés

Les *déclins prolongés* sont marqués par une courbe de vie extrêmement allongée dans sa partie finale. En 2008, France Telecom annonçait ainsi encore 2 millions de minitels en fonctionnement (contre 9 millions en 1998) et 1 million d'utilisateurs réellement actifs, qui lui ont permis de dégager un chiffre d'affaires de 70 millions d'euros en 2007. De même, en dépit du CD et du MP3, le disque microsillon n'a jamais totalement disparu. Ses ventes augmentent même depuis 2002 au point que certains prédisent qu'il survivra à la mort du CD.

Les déclins prolongés ont été particulièrement étudiés au travers du phénomène de la « longue traîne » décrit par Anderson (2007) : par opposition à l'approche classique consistant à se concentrer sur quelques produits phares, il est possible de constituer un modèle économique lucratif en vendant de très faibles quantités d'un très grand nombre de références (généralement anciennes). On prolonge ainsi la durée de vie des produits sur des durées longues, ce qui implique tout de même que leur coût de stockage soit minime et leur accessibilité aisée (c'est la raison pour laquelle ce concept s'applique préférentiellement aux biens numérisés : films, musique, logiciels). Remarquons tout de même que la vérification empirique de la longue traîne fait l'objet d'un débat (Elberse, 2008).

### 2.1.4. Les éternelles émergences

L'anomalie la plus intéressante est très certainement celle constituée par les produits *éternellement émergents*.

Beaucoup de technologies sont mort-nées : elles n'arrivent pas à franchir la première des deux ruptures identifiées par Moore (1991) et restent confinés aux clients innovateurs du modèle de Rogers (1995), sans connaître le point de bascule décrit par Gladwell (2003). Après une tentative avortée de diffusion, elles disparaissent purement et simplement, généralement du fait du succès d'un standard concurrent. Parmi ces trajectoires éphémères, on peut citer la console de jeux Pippin de Apple (1995-1996), le support multimédia CD-I de Philips, Sony et Matsushita (1991-1993) ou encore le téléphone pour piéton Bi-Bop de France Telecom (1993-1997).

D'autres technologies peuvent rester très longtemps en phase d'émergence avant de réussir enfin à connaître une véritable croissance (généralement du fait d'un nouvel usage ou de l'apparition d'une technologie complémentaire). L'exemple le plus célèbre de ces longues traînes en phase d'émergence est certainement Internet, qui entre ses balbutiements militaro universitaires des années 1960 et l'invention du protocole http au début des années 1990 est resté confiné à quelques laboratoires, sans que nul n'envisage son impact sur l'économie et la société.

Le cas des technologies éternellement émergentes est encore différent. Il s'agit de technologies pour lesquelles toutes les prévisions de croissance sont optimistes, tous les analystes anticipent une demande en forte progression, tous les acteurs se mobilisent en vue d'une expansion annoncée, et qui pourtant se maintiennent durablement en phase d'émergence, au mieux à l'état de prototypes. Alors que leur échec est également avéré – et même parfois dûment constaté après une défaite incontestable contre un substitut plus attractif – on continue obstinément à annoncer leur expansion prochaine, en s'appuyant sur des démonstrations souvent convaincantes et des prévisions richement argumentées. La spécificité des technologies éternellement émergentes ne réside pas dans le fait qu'elles échouent, mais dans celui qu'on s'obstine à prédire leur succès.

Parmi les exemples de technologies éternellement émergentes, on peut citer notamment :

- Le cinéma en relief, dont la première représentation publique a eu lieu en 1922 (le brevet de la caméra stéréoscopique remonte à 1900) et qui a connu un véritable engouement dans les années 1950. Des expérimentations sont encore menées depuis le début des années 2000.
- Le tablet PC, que Microsoft tente de lancer depuis 2002, en ayant même développé pour cela une version spécifique de Windows dont la diffusion reste confidentielle. On continue pourtant d'annoncer son succès, surtout depuis la mise au point de l'interface multi touch par Apple.
- La RFID, dont la généralisation dans la grande distribution est régulièrement annoncée depuis le début des années 1980, mais qui reste pourtant encore expérimentale, notamment après des débuts très décevants chez Wal-Mart en 2007.
- La domotique, déjà caricaturée par Jacques Tati en 1958 dans *Mon Oncle* et qui depuis plus de 50 ans fait l'objet de prévisions optimistes jamais vérifiées.
- Le visiophone, opérationnel depuis le début des années 1960 (Picturephone de ATT introduit en 1964), a testé à grande échelle par France Telecom à Biarritz en 1980, présenté comme un atout considérable lors de l'attribution des licences 3G au début des années 2000 et relancé sans aucun succès par Orange sous la marque Ma Ligne Visio en 2004. Même si près d'un demi-siècle après sa mise au point son utilisation reste encore aujourd'hui anecdotique, le visiophone continue d'être présenté comme un produit d'avenir, au point d'être utilisé comme un marqueur du futur quasi obligé dans les films d'anticipation (avec les portes coulissantes et les voitures volantes).

Cependant, l'exemple le plus emblématique de technologie éternellement émergente reste très certainement la voiture électrique, systématiquement présentée comme le successeur logique de la voiture à essence (polluante, peu efficace, bruyante, etc.), et donc comme une solution

d'avenir. Ses inconvénients (coût élevé, autonomie réduite, temps de recharge trop long) sont généralement bien connus, mais l'opinion générale est que cette technologie, encore jeune, a de solides espoirs de progrès. En résumé, tout le monde – y compris de nombreux experts – s'accorde pour affirmer que l'automobile électrique est un produit en phase d'émergence. La réalité est pourtant extrêmement différente.

## **2.2. L'éternelle émergence de la voiture électrique**

La première voiture électrique a roulé en 1834, soit 52 ans avant la première voiture à essence (Shacket, 1979). De même, la première commercialisation connue d'une voiture électrique remonte à 1852 et la première marque produisant ce type de véhicules en série a été fondée en 1893, à Paris. En 1900, alors que les voitures électriques battaient des records de vitesse (plus de 100 km/h) ou de distance (près de 300 km sans recharge), on comptait 19 constructeurs d'électriques de par le monde, une flotte de taxis électriques circulait à New York et 38 % du marché américain de l'automobile était représenté par des électriques, contre 40 % pour les voitures à vapeur et 22 % pour l'essence (Griset et Larroque, 2006).

Depuis l'apparition de la voiture à essence à la fin des années 1880 et avec la disparition des voitures à vapeur au début des années 1920, l'électrique a été présentée comme le substitut idéal, une fois que les progrès techniques auraient permis de pallier ses limitations. Dès 1895, on pensait que l'électrique finirait par l'emporter face à l'essence. Pourtant, la voiture à essence a fini par s'imposer, ne laissant à l'électrique que le statut utopique de future solution idéale. L'histoire de la voiture électrique est celle d'une éternelle émergence.

Cette histoire n'a pourtant pas été exempte de rebondissements, et plusieurs fois l'émergence a semblé déboucher sur une véritable croissance.

Même si l'invention de la voiture électrique est antérieure d'un demi-siècle à celle de la voiture à essence, sa diffusion date des années 1890. La voiture à essence, en revanche, a été diffusée dès son invention par Karl Benz et Gottlieb Daimler en 1885-86. Sur le plan commercial, les deux technologies sont donc en fait contemporaines, et jusqu'en 1900, il était extrêmement difficile de prévoir laquelle réussirait à s'imposer. En effet, la voiture à essence bénéficie très rapidement de remarquables améliorations en termes de performance et d'autonomie, qui lui valent la préférence des hommes, attirés par la vitesse et par la possibilité de parcours prolongés. En revanche, la voiture électrique, plus facile à démarrer (pas de manivelle) et à conduire (pas d'embrayage) et surtout beaucoup plus propre (pas de projections d'huile ni d'odeurs d'essence) séduit plutôt les femmes. D'ailleurs, les publicités pour les voitures électriques ont très rapidement ciblé le public féminin (Schiffer, 1994), ce qui a écarté d'autant la clientèle masculine, pourtant de très loin majoritaire.

L'électrique connaît un regain d'intérêt en 1910 avec la mise au point de la batterie Fer Nickel par Thomas Edison. Moins lourde, plus fiable et moins dangereuse à manipuler que les batteries Acide Plomb, elle permet d'envisager une démocratisation de la voiture électrique, à l'image de celle que connaît alors l'essence grâce à la Ford T. Ainsi, alors que la production américaine de véhicules électriques n'avait pas dépassé 3 000 véhicules par an de 1899 à 1909, elle s'élève à 4 500 unités en 1910 et à 6 000 en 1912. On dénombre alors plus de 20 fabricants proposant plus de 80 modèles rien qu'aux États-Unis, et on prévoit un total de 30 000 ventes pour 1913 (soit un doublement du parc, estimé alors à 34 000 véhicules). Le prix des voitures électriques varie de 850 à 5 500 dollars, la plupart coûtant de 1 800 à 3 600 dollars. À la même époque, une maison confortable vaut environ 5 000 dollars (Schiffer, 1994).

Pourtant, la voiture électrique rate cette deuxième occasion à cause de deux innovations qui renforcent l'intérêt pour la voiture à essence :

1. Une innovation de procédé, l'introduction de la chaîne d'assemblage par Ford, qui abaisse le prix d'une Model T de 850 dollars en 1909 à 600 dollars en 1912 (et finalement à 260 dollars en 1925, sa dernière année de commercialisation). La production de Ford Model T passe



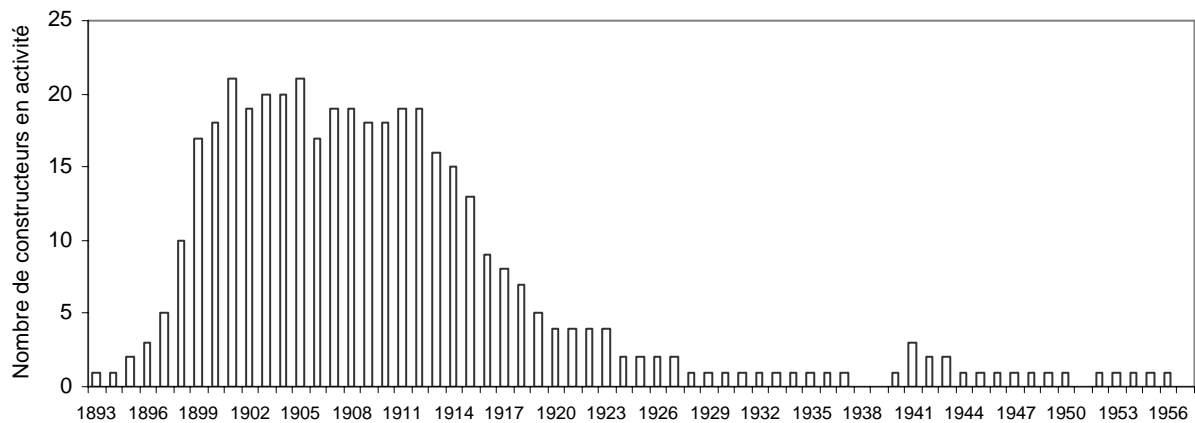
ainsi de 80 000 à 180 000 unités de 1912 à 1913, reléguant les voitures électriques, cantonnées dans le haut de gamme, à moins de 1 % du marché américain.

2. Une innovation de produit, la mise au point en 1911 du démarreur électrique par Charles Kettering, ancien employé de NCR et fondateur de l'entreprise Delco. Dès 1912, Cadillac est son premier client. Avec le démarreur électrique, la voiture à essence perd son principal inconvénient, le démarrage à la manivelle (toujours difficile et parfois dangereux), et peut commencer à séduire la clientèle féminine.

Les ventes de voitures électriques commencent à régresser dès 1913, et la plupart des constructeurs font rapidement faillite (figure 6). En dehors d'un modeste soubresaut entre 1940 et 1945, du fait des pénuries d'essence liées à la deuxième guerre mondiale, la production de voitures électriques reste infime jusqu'aux années 1960.

**Figure 6**

**Les constructeurs de voitures électriques dans le monde, 1893-1957** (d'après Shacket, 1979)

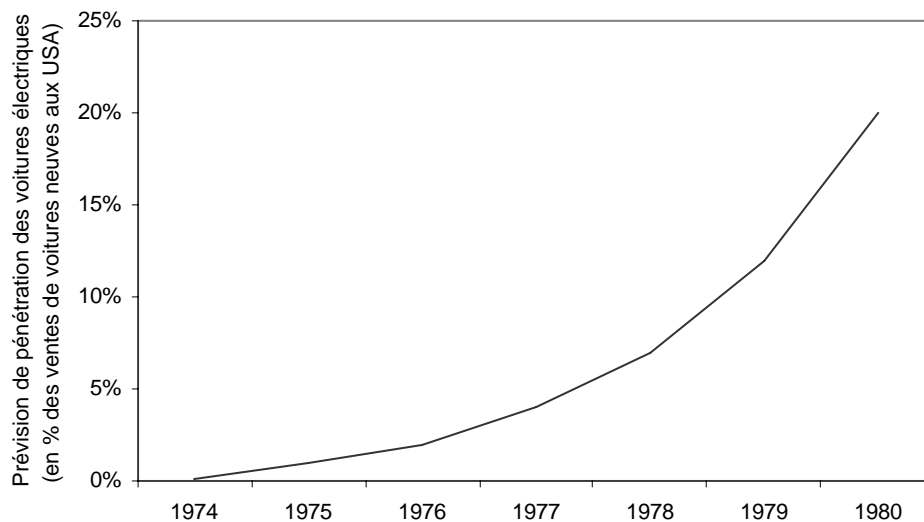


Les voitures électriques attirent pourtant de nouveau l'attention des prévisionnistes, d'abord vers 1965 avec le début de la prise de conscience des dégâts infligés à l'environnement par les hydrocarbures, et ensuite avec le premier choc pétrolier. Alors que des prototypes sont développés en Europe, aux États-Unis et au Japon, de très sérieuses études commencent à annoncer l'explosion imminente du marché de l'électrique (figures 7 et 8).

**Figure 7**

**Croissance prévisionnelle du marché des voitures électriques aux États-Unis**

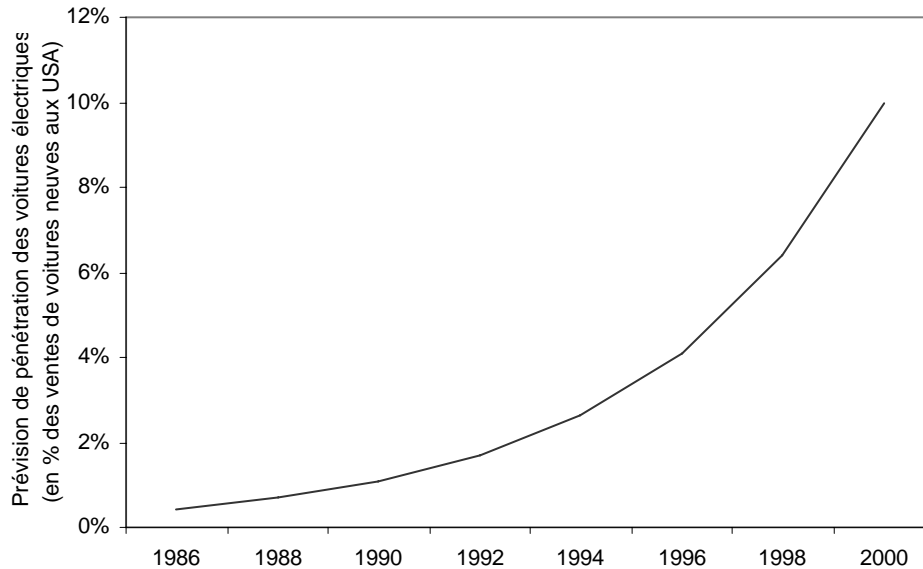
Université du Wisconsin, 1973 (cité par Hamilton, 1980)



**Figure 8**

**Croissance prévisionnelle du marché des voitures électriques aux États-Unis**

Université de Princeton, 1979 (cité par Hamilton, 1980)



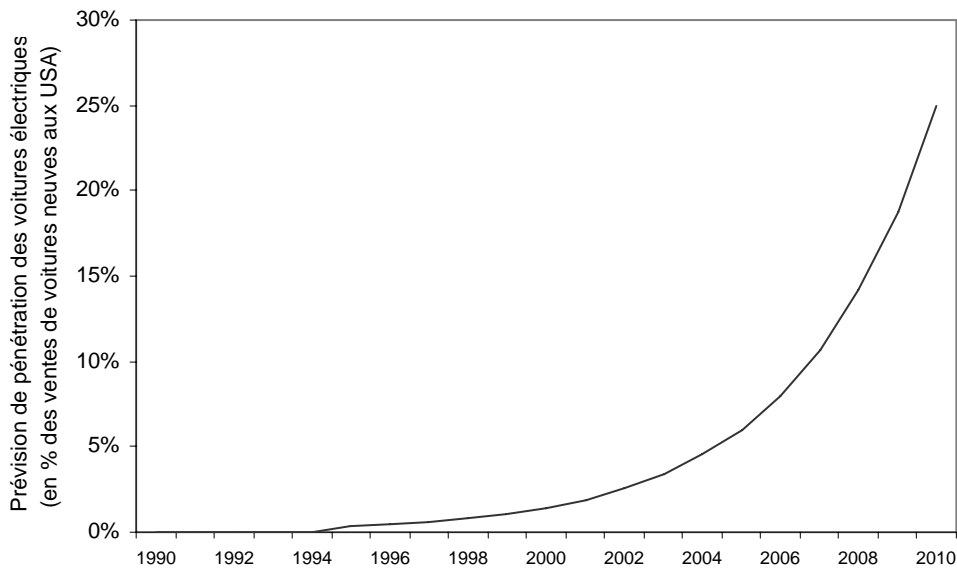
Pourtant, en dépit de ces prévisions optimistes, de l'accroissement des préoccupations écologiques et du second choc pétrolier, la production de voitures électriques reste insignifiante tout au long des années 1980.

Si la croissance ne vient pas naturellement du marché, pourquoi ne pas la provoquer par voie réglementaire ? En 1990, la Californie adopte ainsi le règlement Zero Emission Vehicle (ZEV), qui impose aux constructeurs qui vendent plus de 35 000 véhicules par an en Californie (c'est-à-dire GM, Ford, Toyota, Chrysler, Honda, Nissan et Mazda) de réaliser au moins 2 % de leurs ventes locales avec des véhicules à zéro-émission en 1998 (soit un total de 20 000 véhicules), ce chiffre passant à 5 % en 2001 et à 10 % en 2003 (à cette date, les constructeurs vendant plus de 3000 voitures par an en Californie seront également concernés). Les constructeurs n'atteignant pas ces quotas devront payer une amende de 5 000 dollars par véhicule non proposé à la vente. En dépit des très vives protestations des constructeurs, les États de New York et du Massachusetts adoptent rapidement des lois identiques. De son côté, le MITI japonais prévoit une production annuelle de 100 000 véhicules électriques à compter de l'an 2000, et Renault, PSA, l'État et EDF se fixent pour objectif d'atteindre 5 % de véhicules électriques circulant dans les villes françaises à la fin 1999, soit 100 000 véhicules.

Tous les grands constructeurs automobile commencent alors à présenter des modèles électriques, que ce soient des conversions de modèles à essence (Peugeot 106, Citroën AX puis Saxo, Renault Clio, Fiat Panda, VW Golf, Dodge Caravan, Ford Aerostar, etc.), des véhicules spécifiquement électriques (Saturn EV1, Honda EV Plus) ou des prototypes (Citroën Citela, Peugeot Ion, PSA Tulip, Renault Matra Zoom, etc.). De nouvelles prévisions optimistes commencent à fleurir, à l'image de celle du World Resources Institute (figure 9), à partir d'une extrapolation de la loi californienne à la plupart des États-Unis, voire à certains pays européens comme la Suisse. Au total, la plupart des estimations des années 1990 tablent sur un marché mondial de près de 10 millions de voitures électriques à l'horizon 2010.

**Figure 9**

**Croissance prévisionnelle du marché des voitures électriques aux États-Unis**  
World Resources Institute, 1994 (cité par MacKenzie, 1994)



Malheureusement, devant la très forte résistance des constructeurs automobile et l'anémie totale des courbes de vente réelles, la Californie décide en 1996 de reporter sa loi sur les véhicules à zéro émission en annulant les quotas de 1998 et de 2002. Elle est rapidement imitée par le Massachusetts, alors que l'État de New York conserve des quotas minimales. Au début du 21<sup>ème</sup> siècle, le marché de la voiture électrique n'existe toujours pas. PSA a vendu plus de 2 000 de ses 106, AX et Saxo entre 1995 et 2000, mais quasi exclusivement à des entreprises publiques ou à des collectivités locales. De même, la Saturn EV1 n'a trouvé que 800 clients aux États-Unis avant d'être définitivement retirée de la vente en 2001.

Dans la deuxième moitié des années 2000, l'émergence d'une réelle inquiétude environnementale et surtout l'accroissement brutal du cours du pétrole déclenche une nouvelle vague de prévisions optimistes. Le président de Renault-Nissan, Carlos Ghosn, annonce ainsi lors du salon de l'auto de Los Angeles en novembre 2008 que « 10 % du marché automobile sera constitué de véhicules entièrement électriques en 2020 », ce qui ne fait que réitérer les prévisions des décennies précédentes, toutes obtenues par le modèle de Bass (1969). Renault-Nissan devient d'ailleurs le principal partenaire du projet Better Place, lancé par l'entrepreneur Shai Agassi : l'objectif est de vendre à partir de 2011 en Israël 10 000 exemplaires annuels d'une version électrique de la Megane (puis 30 000 par an une fois le projet stabilisé) et d'implanter jusqu'à 500 000 bornes de recharge, ainsi que des stations d'échange de batteries. Better Place se présente comme l'équivalent d'un opérateur de téléphonie mobile : les clients achètent la voiture (mais pas les batteries) et payent les recharges. Ce projet est soutenu – sous forme d'incitations fiscales – par le gouvernement israélien pour des raisons essentiellement politiques (s'extraire de la dépendance pétrolière vis-à-vis de pays arabes), mais son équation financière reste sujette à caution. Le Danemark, Hawaï et la région de San Francisco annoncent fin 2008 le déploiement d'un projet du même type, toujours avec Better Place. Parallèlement, d'autres projets de véhicules électriques voient le jour, dont les plus médiatisés sont la Tesla Roadster (un petit coupé sportif dérivé d'une Lotus et vendu à une centaine d'exemplaires en 2008 à plus de 100 000 dollars l'unité) et la Pininfarina B<sup>0</sup> (conçue en partenariat avec Bolloré, présentée au Mondial de l'automobile en 2008, et dont la commercialisation est repoussée en 2010).

Au total, début 2009, même si le marché de la voiture électrique reste inexistant, son imminente émergence continue d'être annoncée.

### 3. Analyse et enseignements

Si depuis plus d'un siècle la voiture électrique est obstinément présentée comme le futur substitut de la voiture à essence – au point qu'on en oublie son histoire mouvementée – c'est pour des raisons tout à fait convaincantes, mais pas aussi décisives que celles qui l'ont confinée dans son rôle anecdotique.

#### 3.1. Les arguments en faveur de l'émergence

Les partisans de la voiture électrique s'appuient sur deux arguments principaux, tout à fait objectifs, qu'ils n'hésitent pas à étayer de nombreuses études et d'enquêtes récurrentes.

##### 3.1.1. L'argument écologique

Plusieurs recherches ont démontré que le remplacement des voitures à essence par des voitures électriques aurait des conséquences extrêmement positives sur l'environnement, même en prenant en compte les progrès des moteurs à essence sans plomb équipés de pots catalytiques, et même en comptabilisant l'impact écologique du nécessaire surcroît de production électrique. À ce jeu, c'est la France – avec son recours massif à l'électricité nucléaire – qui tirerait le plus grand bénéfice des voitures électriques. La situation serait plus contrastée en Allemagne, aux États-Unis et surtout au Royaume-Uni, où l'électricité est encore largement produite par des centrales au charbon ou au pétrole, et où d'après l'OCDE la construction de centrales électriques supplémentaires augmenterait fortement les émissions d'oxydes de soufre et de particules (figure 10).

**Figure 10**

#### **Variation des émissions en cas de remplacement des véhicules à essence par des électriques**

	Hydrocarbures	Monoxyde de carbone	Oxydes d'azote	Oxydes de soufre	Particules
France	-99 %	-99 %	-91 %	-58 %	-59 %
Allemagne	-98 %	-99 %	-66 %	+96 %	-96 %
Japon	-99 %	-99 %	-66 %	-40 %	+10 %
Royaume-Uni	-98 %	-99 %	-34 %	+407 %	+165 %
États-Unis	-96 %	-99 %	-67 %	+203 %	+122 %

Source : *Choosing an Alternative Fuel: Air Pollution and Greenhouse Gas Impacts* (OCDE, 1993)  
D'après Sperling (1995)

Quoi qu'il en soit, l'adoption de la voiture électrique ne se contenterait pas de déplacer la pollution des véhicules vers les centrales (ou des villes vers les campagnes), car les générateurs et les moteurs électriques ont un rendement très supérieur à celui des voitures à essence, dans lesquelles les deux tiers de l'énergie est perdue en frottements et échauffements divers.

Par ailleurs, l'argument écologique doit prendre en compte le problème des batteries. Même si le pourcentage effectif de recyclage et les progrès futurs des batteries sont difficiles à évaluer, ce qui n'a pas manqué de déclencher une controverse (Tahil, 2008 ; Evans, 2008), l'utilisation massive de batteries au lithium aurait un impact non négligeable sur les écosystèmes d'où l'on extrait le  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , c'est-à-dire les grands lacs salés d'Argentine, du Chili et de Bolivie.

### **3.1.2. L'argument statistique**

De nombreuses études ont démontré que la grande majorité des automobilistes parcourt moins de 50 kilomètres par jour – voire moins de 10 kilomètres en milieu urbain – ce qui fait que l'autonomie réduite des véhicules électriques n'est absolument pas un obstacle à leur large diffusion. De plus, le temps de recharge n'est plus rédhibitoire si l'on remarque qu'une voiture reste garée pendant 92 % de sa durée de vie. Ainsi, Sperling (1995) a mené deux enquêtes successives auprès de ménages californiens possédant déjà deux voitures, qui montrent que la moitié des personnes interrogées se disent prêtes à acheter un véhicule dont l'autonomie ne dépasserait pas 80 kilomètres. Des études similaires ont été menées en France, notamment lors de l'expérience de la Rochelle (1993-1995), au cours de laquelle 50 voitures électriques ont été testées en utilisation quotidienne, pour une distance totale supérieure à un million de kilomètres. Le taux de satisfaction des utilisateurs s'est élevé à 8,4 sur 10.

## **3.2. Les causes de la non-émergence**

Devant ces arguments positifs dûment chiffrés, comment expliquer que la voiture électrique n'ait pas fini par s'imposer ? Les raisons de cet échec sont pour les unes contingentes et subjectives et pour les autres financières et structurelles.

### **3.2.1. La voiture à essence n'a pas cessé de s'améliorer**

Du fait de l'intensité concurrentielle particulièrement vive qui règne dans l'industrie automobile depuis plus d'un siècle, même si son paradigme n'a pas été fondamentalement remis en cause, la technologie du moteur à explosion a connu de remarquables progrès. Syrota (2008) rappelle ainsi qu'entre 1975 et 2007, la puissance des voitures à essence vendues aux États-Unis a augmenté de 120 %, alors que leur consommation baissait de 40 %. De plus, l'essence offre des avantages incontestables : son énergie massique est cinquante fois supérieure à celle des batteries et elle se stocke et se transporte aisément sous forme liquide à température et à pression ambiante. Enfin, beaucoup d'améliorations sont encore envisageables sur les véhicules à essence (réduction du poids, de la vitesse et de la puissance, optimisation de l'aérodynamisme, des systèmes d'éclairage et de la climatisation). Au total, les progrès de l'essence ont toujours été supérieurs à ceux de l'électrique.

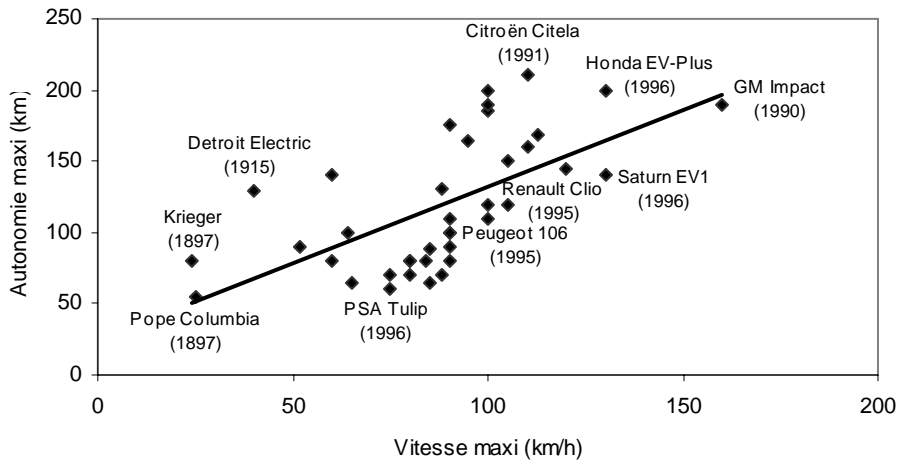
### **3.2.2. Des arbitrages difficilement acceptables par les consommateurs**

Si les performances des voitures électriques correspondent effectivement à l'utilisation moyenne d'une grande majorité d'automobilistes, il apparaît que les clients n'achètent pas uniquement un véhicule pour leur usage quotidien, mais préfèrent se réserver la possibilité d'un éventuel usage exceptionnel. Même lorsque l'on achète une petite citadine, on préfère s'assurer qu'il sera possible de l'utiliser pour partir en week-end, en cas de besoin. Dans ces conditions, les projets de véhicules fondés sur des statistiques d'utilisation quotidienne semblent particulièrement risqués. À l'inverse, les fabricants de monospace ont compris que le client est prêt à payer un surprix conséquent pour une modularité (sièges pivotants, extractibles, coulissants, etc.) dont il ne se sert pratiquement jamais. Devant un achat aussi coûteux que celui d'une voiture, le client privilégie l'éventualité d'un « au cas où » par rapport à la certitude du « tous les jours ». Les statistiques d'utilisation quotidienne ne sont pas les critères d'achat les plus spontanés. Même si la performance des voitures électriques a progressé au cours du siècle (voir la figure 11), leur autonomie reste insuffisante dans l'esprit de bien des acheteurs, effrayés par l'idée de se retrouver en panne de courant, de nuit et sur une route de campagne.

Or, comme l'ont montré Kahneman et Tversky (Gourville, 2006), face à une innovation, le phénomène de l'aversion pour la perte pousse les individus à surestimer ce qu'ils perdent et

réciroquement à sous-estimer ce qu'ils gagnent. Dans cet arbitrage psychologique, les avantages de la voiture électrique (silence, bonne conscience écologique) ne parviennent pas à compenser ses inconvénients (temps de recharge, autonomie).

**Figure 11**  
**Évolution des performances des voitures électriques (1897-1999)**



**Source :** compilations et traitement de données obtenues dans Shacket (1979), Schiffer (1994), MacKenzie (1994), Sperling (1995) et divers sites Internet (GM, Honda, EdF, PSA, Renault, etc.)

De plus, la voiture électrique est trop chère. Si EDF affirme que le coût d'utilisation moyen d'une voiture électrique est de 1,5 euro pour 100 km, contre 9 euros pour l'essence, son prix d'achat, à l'inverse, est supérieur à celui d'une voiture à essence équivalente, de plus de 25 %, essentiellement du fait du coût des batteries. Or d'après plusieurs enquêtes (MacKenzie, 1994), les consommateurs accepteraient de passer à l'électrique si son coût complet était inférieur de 15 % à celui de l'essence. D'après ce raisonnement, une 106 électrique à près de 14 000 euros ou une Saturn EV1 à 34 000 dollars (hors taxes) étaient trop chères d'au moins 30 %. De même, une étude du BCG a estimé que la voiture électrique ne serait compétitive par rapport à la voiture à essence qu'à partir d'un prix du baril de pétrole supérieur à 280 dollars (Boston Consulting Group, 2009). Une solution peut consister à louer les batteries aux clients, mais on peut alors s'interroger sur la capacité des constructeurs à financer une telle avance de trésorerie. C'est notamment ce qui explique les incertitudes qui pèsent sur le projet Better Place.

### 3.2.3. Le double problème de l'infrastructure

De la même manière que les voitures à essence ont nécessité la mise en place d'un réseau de stations service, les voitures électriques imposent le déploiement de bornes de recharge, par exemple dans les parkings publics. Il existe bien une centaine de bornes de ce type dans Paris depuis la fin des années 1990, mais en revanche rien n'est prévu en dehors de quelques grandes villes. De toute façon, le temps de recharge est encore généralement rédhibitoire par rapport aux quelques minutes que prend un plein d'essence. L'absence d'une infrastructure suffisante a fortement gêné le développement des électriques au début du siècle, à une époque où les foyers ruraux n'étaient pas électrifiés. De nos jours, il est possible de recharger sa voiture à domicile, à condition cependant d'habiter dans une maison et non en appartement. Une solution alternative consisterait à échanger les batteries vides dans des garages spécialisés et judicieusement répartis. Ce type d'approche a été développé pour les taxis électriques new-yorkais et pour une flotte de

camions électriques parisiens en 1899 et étendu aux particuliers à partir de 1907 à Washington, mais il a dû être abandonné, faute de clients, après 1912. Sa renaissance – annoncée par Better Place – impliquerait que les constructeurs automobile s'entendent sur un standard commun de batteries, de chargeurs et d'interfaces, ce qui semble pour le moment peu vraisemblable : il suffit pour s'en convaincre de constater l'anarchie régnant dans les formats de batteries pour téléphones ou ordinateurs portables, alors que ceux-ci sont très largement diffusés depuis plus de 20 ans.

Réciproquement, le développement des voitures électriques aurait des conséquences considérables sur le secteur automobile tel que nous le connaissons. En effet, la fiabilité d'une électrique est très supérieure à celle d'un véhicule à essence. La durée de vie d'un moteur électrique est ainsi estimée à 1 million de kilomètres, soit six fois plus qu'un moteur essence. De même, le coût de maintenance d'une électrique (pas de vidanges, de filtres à changer, de carburation à régler, etc.) est inférieur des 2/3 à celui d'une essence, dont 80 % des pannes sont dues au moteur. Or, le réseau de distribution automobile (succursales, concessionnaires, agents) vit essentiellement des réparations et de l'entretien des voitures. On peut ainsi estimer que le remplacement des véhicules à essence par des électriques provoquerait la reconversion ou la disparition de plus de 3 millions d'emplois rien qu'aux États-Unis (Hamilton, 1980). Dans ces conditions, on comprend mieux que l'industrie automobile soit restée relativement peu active dans l'expansion de la voiture électrique.

### **3.3. Les fondements de l'éternelle émergence**

Que nous apprend le cas de la voiture électrique sur les produits éternellement émergents ?

Il convient tout d'abord d'insister une nouvelle fois sur la distinction entre les produits éternellement émergents et les échecs avérés. Tout comme la voiture électrique ou la domotique, la Polavision (caméra Polaroid super 8 à développement instantané ayant vainement tenté de concurrencer le caméscope), la DCC et le DAT (supports audio concurrents du MiniDisc de Sony), le Bookman et le CD-I (tués par le CD-ROM), le Betamax et le V2000 (challengers malheureux du VHS) ou encore le moteur rotatif (qui a causé la ruine de Citroën et de Audi-NSU dans les années 1960) sont des technologies qui ne sont jamais sorties de la phase d'émergence. Cependant, plus personne n'envisage que ces produits aient désormais le moindre avenir. Ils sont mort-nés, généralement après avoir perdu une rapide confrontation avec une technologie plus convaincante ou mieux diffusée.

Au contraire, dans le cas d'un produit éternellement émergent, même après plus d'un siècle de vains efforts, même après la victoire écrasante d'un produit concurrent, même après le constat que toutes les annonces de développement ne se sont pas vérifiées, on continue à construire, avec le plus grand sérieux, des courbes de croissance imminente. Les mêmes prévisions annuelles d'explosion du marché sont d'ailleurs répétées à plusieurs années d'intervalle par des experts respectables (comparer les courbes obtenues en 1973 et en 1994), le plus souvent à partir des mêmes extrapolations issues du modèle de Bass (1969), alors que les courbes réelles de ventes restent parfaitement étales, voire inférieures à celles de 1912. Même les prévisions les plus prudentes, comme celles de l'Université de Princeton en 1979, voire celle de SRI International (Hamilton, 1980) – qui en 1977 a évalué le marché américain des voitures électriques à seulement 150 000 unités pour 1980 et à un chiffre compris entre 175 000 et 250 000 unités pour l'an 2000 (soit à peine 2 % du marché américain) – restent très supérieures à l'insignifiante réalité. L'optimisme à l'égard d'une technologie éternellement émergente semble inébranlable.

Cette indéfectible persévérance s'appuie sur des raisons profondes : l'éternelle émergence naît de la confrontation irréductible entre des arguments de substitution rationnels mais parfois théoriques, et des arguments de conservatisme structurels et souvent subjectifs.

### 3.3.1. La prolifération rustique l'emporte toujours sur le raffinement sélectif

Pour assurer le succès de la voiture électrique, il faudrait non seulement établir une nouvelle infrastructure, mais surtout reconverter l'infrastructure existante de l'automobile (stations services, garages, réseau de distribution, centres auto, etc.). Or, comme le montrent le modèle de Bass (1969) et les travaux de Rogers (1995), Gladwell (2003) et Chakravorti (2003), la diffusion d'une innovation n'est un phénomène ni rationnel ni linéaire, mais largement psychologique et récursif.

En vertu du principe des externalités de réseau, une infrastructure dédiée à un standard spécifique peut résister à un progrès technologique du simple fait de l'inertie de son étendue. En effet, pour des achats durables et coûteux, le client ne choisit pas nécessairement la technologie la plus perfectionnée, mais celle qui garantit la pérennité de son investissement. Dans ces conditions, il est généralement plus prudent de se contenter d'un standard moins élaboré mais plus répandu que d'être le premier à expérimenter une technologie nouvelle. Rubin (1990), non sans humour, compare la diffusion des standards au succès des discothèques : la principale raison qui pousse un noctambule à choisir une discothèque, indépendamment de la musique ou de la décoration, c'est que c'est déjà la plus fréquentée. À l'inverse, personne ne choisit une discothèque vide, tout comme personne ne souhaite adopter un standard peu répandu. Quel peut être l'intérêt de s'équiper d'un visiophone si l'on est le seul à en être pourvu ?

L'expérience montre que les clients préfèrent la sécurité d'une plus large diffusion, quitte à sacrifier la performance, comme l'illustre la défaite du Mac OS face au MS-DOS : la prolifération rustique l'emporte toujours sur le raffinement sélectif. Il en va de même pour les opérateurs de téléphone mobile ou les fournisseurs d'accès à Internet : la part de marché du leader est généralement moins déterminée par la pertinence de son offre ou la qualité de son service que par sa part de marché elle-même, une autoréférence qui n'est pas sans créer quelques troubles chez les analystes de marché.

### 3.3.2. Masquer les ruptures en continuités

Si les produits éternellement émergents sont beaucoup plus rares que les produits morts nés, c'est que les arguments de leur croissance sont indéniablement convaincants, à l'image de la protection de l'environnement et de l'usage effectif des véhicules à essence dans le cas de la voiture électrique. Cependant, pour que la substitution soit réalisée, il est nécessaire de modifier la perception même du produit. En effet, les substitutions les plus rapides, comme le CD face au disque vinyle, sont celles qui conservent les représentations et les *a priori* des utilisateurs, même si les technologies sous-jacentes sont radicalement nouvelles. Le CD a ainsi conservé l'appellation « disque », le lecteur s'est appelé une platine, les titres disponibles en vinyle l'ont rapidement été en CD, dans les mêmes magasins. Face à cette rassurante continuité et au surcroît de performance, les clients n'ont pas hésité à renouveler l'intégralité de leur discothèque. De même, les industriels ont pris soin de donner à la boîte des DVD la même hauteur que celle des VHS ou de reproduire électroniquement le bruit du déclencheur dans les appareils photo numériques : dans tous les cas, la rupture a été masquée en continuité.

À l'inverse, pour la voiture électrique, c'est la notion même d'automobile qui doit être repensée en termes de trajets urbains moyens, et non en fonction d'une liberté de mobilité potentielle. Certains détracteurs n'hésitent d'ailleurs pas à affirmer que l'expression « automobile électrique » est un oxymore, puisque l'électrification entraîne une réduction considérable de l'(auto)mobilité. D'un symbole d'émancipation et d'autonomie, la voiture deviendrait un outil parfaitement adapté aux contraintes moroses du quotidien urbain. Si cette conversion est acceptable sur le papier des études économiques, elle impose un renoncement symbolique que peu d'acheteurs sont prêts à accepter, surtout lorsque l'équation financière reste défavorable. De plus, alors que la volonté de réduction des émissions polluantes reste conditionnée par une prise



de conscience collective et rationnelle, la liberté offerte par une voiture à essence est un sentiment profondément individualiste et intuitif.

De même, on peut expliquer l'éternelle émergence du visiophone par la confrontation délétère entre une qualité incontestable (la possibilité de voir son interlocuteur) et un défaut rédhibitoire (la contrainte d'être vu par son interlocuteur). L'usage du visiophone provoque une rupture brutale avec les habitudes acquises au téléphone : il impose à la fois une concentration exclusive (impossible de faire autre chose pendant la communication) et une exhibition intrusive (il est nécessaire d'être présentable pour téléphoner). La continuité est ici inenvisageable : si l'on utilise un visiophone comme un téléphone en coupant la caméra, l'interlocuteur sera nécessairement indisposé, voire soupçonneux.

Dans ces conditions, ce n'est vraisemblablement pas en termes de substitution qu'il convient de poser le problème de l'éternelle émergence, mais en termes de complémentarité. La voiture électrique ne doit peut-être pas être positionnée comme un substitut de la voiture à essence, mais comme celui du taxi ou du transport en commun. Les solutions d'utilisation en libre-service et sur abonnement de voitures urbaines que l'on peut emprunter et laisser à sa convenance – telles que le projet Autolib' de la mairie de Paris – semblent bien plus convaincantes que la Pininfarina B<sup>0</sup> ou la Megane électrique, car elles n'obligent pas l'utilisateur à renoncer à sa liberté de mouvement, mais seulement à repenser son usage quotidien. Cependant, l'échec des projets Tulip (PSA) et Praxitèle (Renault) à la fin des années 1990 conduit à rester prudent sur les chances de succès d'une démarche de ce type : comme dans le cas de Better Place, les problèmes de financement et d'entretien sont difficilement surmontables. Le BCG estime ainsi que la mise en place de l'infrastructure nécessaire aux véhicules électriques coûterait 49 milliards de dollars rien que dans l'Union Européenne (Boston Consulting Group, 2009).

Les véhicules hybrides (Toyota Prius, Honda Insight, Ford Escape, etc.) constituent une approche encore plus pertinente. Ils ont en effet l'avantage d'apporter une réelle innovation tout en s'inscrivant naturellement dans la continuité des infrastructures et des habitudes existantes. Dans le même ordre d'idée, la présence d'une webcam sur les ordinateurs constitue une chance de succès pour le visiophone, qui ainsi n'est plus considéré comme un substitut au téléphone, mais comme un complément à la communication par Internet.

## Conclusion

Les technologies éternellement émergentes sont indéniablement des anomalies instructives. En mettant l'accent sur les contraintes qui empêchent des offres pourtant rationnellement convaincantes de connaître le succès, elles nous permettent de mieux comprendre les phénomènes de substitution et de diffusion des innovations.

Le succès d'une nouvelle technologie dépend non seulement de sa performance mesurable, mais aussi de sa capacité à convaincre une clientèle confinée dans un système complexe de représentations, d'avantages subjectifs et de valeur perçue. De plus, il lui faut parfois contrecarrer la considérable infrastructure et les standards dominants d'une industrie établie. Au total, pour connaître le succès, plutôt que de chercher la confrontation, mieux vaut essayer soit de s'inscrire dans la droite ligne du produit existant, sans perturber les repères des consommateurs (nouvelle technologie compatible avec l'ancienne, utilisation du même langage et des mêmes habitudes d'usage, etc.), soit – lorsque l'innovation est trop radicale et les avantages perçus trop différents – jouer la complémentarité plutôt que la substitution.

Par ailleurs, cet exemple nous montre que l'échec répété n'est pas synonyme de non-viabilité d'une innovation. Cette constatation contredit largement le sens commun, selon lequel il est impossible de maintenir durablement des technologies qui ne rencontrent aucun succès commercial ni industriel, sauf dans le cas très spécifique de grands programmes d'État du type

Concorde, pour lesquels le prestige politique et l'indépendance nationale priment sur les considérations financières (Cohen, 1992) ou dans celui d'un projet du type aérotrain, soutenu par l'obstination d'une seule entreprise (Sfez, 1992). L'éternelle émergence de la voiture électrique, de la domotique ou du visiophone n'est pas le fait d'un acteur public ou d'une organisation unique, mais bien d'une industrie entière dont la motivation naturelle est le profit. Pour expliquer les raisons qui poussent de grands groupes automobiles à proposer inlassablement des prototypes électriques, on peut émettre diverses hypothèses qui vont de l'alibi écologique le plus cynique – utile dans les négociations avec les instances de régulation – à l'authentique amnésie technologique. Il n'est d'ailleurs pas évident que tous les acteurs impliqués se positionnent de la même manière sur ce continuum. Une étude détaillée de l'histoire de la domotique, de la visiophonie ou d'autres exemples d'éternelle émergence pourrait certainement permettre d'éclaircir ce point.

Forts de ces enseignements, que pouvons-nous dire de l'avenir de la voiture électrique ? Les véhicules électriques « classiques » risquent de ne pas connaître un meilleur sort qu'il y a un siècle, sauf si les gouvernements imposent des lois en leur faveur ou si les batteries connaissent des progrès suffisants pour compenser leur déficit d'énergie massique par rapport à l'essence. Comme le rappelle Syrota (2008), les meilleures batteries actuelles présentent une énergie massique de 200 Wh/kg, alors que celle de l'essence dépasse les 10 000 Wh/kg. Le rendement supérieur des moteurs électriques est incapable pour l'instant de combler un tel écart, qui impose que les véhicules électriques soient alourdis de 100 à 200 kg de batteries, soit jusqu'à 20 % de leur masse (et 50 % de leur coût).

Même si leur origine remonte à la Lohner Porsche de 1899, la percée viendra vraisemblablement des véhicules hybrides. Après une première génération dont les batteries sont rechargées lors des phases de décélération, comme la Toyota Prius, commercialisée depuis 1997 et vendue en dix ans à plus de 1 million d'exemplaires, les espoirs se tournent désormais vers les hybrides rechargeables sur le réseau électrique mais dotés d'un petit moteur thermique, comme le projet de Chevrolet Volt (annoncée pour 2010).

Une autre chance de succès – plus lointaine – peut venir des piles à combustible, qui consistent à produire l'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène, plutôt que de la stocker dans des batteries. Si le principe des piles à combustible remonte à 1802, leur poids, leur coût et leur encombrement, mais aussi la nécessité de construire un réseau de distribution d'hydrogène, les réservent encore à des prototypes impossibles à commercialiser. De plus, contrairement à la vision utopique défendue notamment par Rifkin (2002) le bilan énergétique de la filière hydrogène est peu favorable (Syrota, 2008) : son extraction nécessite d'importantes quantités d'énergie et son transport et son stockage restent problématiques. Là encore, on ne ferait que déplacer la pollution, sans pour autant l'éradiquer.

Au total, dans dix ans, grâce aux progrès des batteries, à l'introduction en masse de véhicules hybrides et à la réduction drastique du coût et de l'encombrement des piles à combustible, le marché de l'automobile électrique connaîtra peut-être enfin la croissance qu'on lui promet depuis un siècle. Après tout, ce n'est pas le moindre avantage d'un produit éternellement émergent que d'avoir toujours un bel avenir devant lui.

## Bibliographie

- Anderson C. (2007), *La longue traîne*, Pearson Education.
- Boston Consulting Group (2009), *The Comeback of the Electric Car?*, Focus, [www.bcg.com](http://www.bcg.com).
- Brown S. (2005), "The tripping point", *Marketing Research*, 17(1), 8-13.
- Dhalla N.K., Yuspeh S. (1976), "Forget the Product Life Cycle Concept!" *Harvard Business Review*, 54, 2, janvier-février, 102-112.
- Chakravorti B. (2003), *The Slow Pace of Fast Change*, Harvard Business School Press.

- Cohen E. (1992), *Le Colbertisme High Tech : économie des Telecom et du Grand Projet*, Hachette.
- Cox W.E. (1967), "Product Life Cycles as Marketing Models", *Journal of Business*, 40, octobre, 375-384.
- Evans J.R., ed. (1983), *Product Life Cycles in the Automobile, Food, and Proprietary Drug Industries: Evolution, Description, and Analysis*, Hofstra University.
- Evans R.K. (2008), *An Abundance of Lithium*, www.worldlithium.com.
- Gladwell M. (2003), *Le point de bascule*, Intercontinental.
- Golder P., Tellis, G. (1997), "Will it ever fly? Modelling the Take-Off for Really New Consumer Durables", *Marketing Science*, 16(3), 256-271.
- Gould S.J. (1985), *The Flamingo's Smile*, W.W. Norton.
- Gourville J.T. (2006), "Eager Sellers & Stony Buyers", *Harvard Business Review*, juin, 99-106.
- Giset P., Larroque D. (2006), *L'odyssée du transport électrique*, Cliomédia.
- Grossman G.M., Helpman E. (1989), *Quality ladders and product cycles*, Cambridge, National Bureau of Economic Research.
- Hamilton W. (1980), *Electric Automobiles*, McGraw Hill.
- Hanan M. (1986), *Re-Competitive Strategies : How to Regain Growth Profits for Mature Businesses*, Amacom.
- Kline C.H. (1955), "The Strategy of Product Policy for Growth-Profit-Teamwork", *Harvard Business Review*, juillet août, 91-100.
- Kotler P., Keller K.A. (2008), *Marketing Management*, 13<sup>ème</sup> édition, Prentice Hall.
- Le Nagard-Assayag E., Manceau D. (2005), *Marketing des nouveaux produits : de la création au lancement*, Dunod.
- Levitt T. (1965), "Exploit the Product Life Cycle", *Harvard Business Review*, 43, novembre décembre, 81-94.
- MacKenzie J.J. (1994), *The Keys to the Car*, World Resources Institute.
- McKiernan P. (1992), *Strategies for Growth*, Routledge.
- Tahil W., (2008), *The Trouble with Lithium 2 – Under the microscope*, Meridian International Research [http://www.meridian-int-res.com/Projects/Lithium\\_Microscope.pdf](http://www.meridian-int-res.com/Projects/Lithium_Microscope.pdf).
- Moore G. (1991), *Crossing the Chasm*, HarperCollins.
- Onkvisit S., Shaw J.J. (1989), *Product Life Cycles and Product Management*, Quorum Books.
- Polli R., Cook V. (1969), "Validity of the Product Life Cycle", *Journal of Business*, octobre, 385-400.
- Rifkin J. (2002), *L'économie hydrogène*, La Découverte.
- Rogers E. (1995), *Diffusion of Innovations*, Free Press.
- Rubin P.H. (1990), *Managing Business Transactions, Controlling the Cost of Coordinating, Communicating and Decision Making*, The Free Press.
- Schiffer M.B. (1994), *Taking Charge*, Smithsonian Institution Press.
- Sfez L (1992), *Critique de la décision*, Presses de la Fondation des Sciences Politiques, 4<sup>ème</sup> édition.
- Shackett S.R (1979), *The Complete Book of Electric Vehicles*, Domus Books.
- Shapiro B.P., Dolan R.J., Quelch J.A. (1985), *Marketing Management, Strategy, Planning, and Implementation*, Volume II, Irwin.
- Sperling D. (1995), *Future Drive*, Island Press.
- Sperling D. (1996), "The Case for Electric Vehicles", *Scientific American*, novembre.
- Syrota J. (2008), *Perspectives concernant le véhicule « grand public » d'ici 2030*, Rapport du Centre d'analyse stratégique.
- Wakefield E.H. (1977), *The Consumer's Electric car*, Ann Arbor Science.
- Wasson C.R. (1974), *Dynamic Competitive Strategy and Product Life Cycles*, Challenge Books.