

# La technologie hybride Toyota

En matière de motorisation, la démarche environnementale de Toyota s'est construite autour de la technologie hybride. Celle-ci s'est concrétisée, dès 1997, avec la commercialisation de la Toyota Prius, la première voiture hybride à avoir été produite en série au niveau mondial. La troisième génération de la Prius vient d'arriver sur le marché...

par Michel GARDEL\*

**N**ous croyons que la durabilité environnementale est le défi majeur que notre industrie et notre société devront relever au cours de ce siècle. Notre engagement, qui concerne non seulement nos produits, mais également chaque secteur de notre activité et nos relations avec chacune des personnes avec lesquelles (et pour lesquelles) nous travaillons, vise à ce que l'automobile reste acceptable pour les générations futures.

Il y a plus de deux cents ans (à l'aube de la révolution industrielle), la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère terrestre était d'environ 280 parties par million (ppm). Aujourd'hui, cette valeur a augmenté de 35 % : elle excède les 370 ppm. Selon les prévisions, si le développement se poursuit au même rythme, la concentration de CO<sub>2</sub> atteindra – voire dépassera – le double du niveau actuel à la fin du 21<sup>e</sup> siècle, entraînant une hausse de la température moyenne à la surface du globe bien supérieure à celle qui nous préoccupe déjà.

## LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Selon le Rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) rédigé par des scientifiques internationaux et publié en 2007, le réchauffement climatique, auquel nous sommes confrontés depuis le milieu du 20<sup>e</sup> siècle, est, pour partie, le résultat d'une augmentation de la présence dans l'atmosphère de gaz à effet de serre dus à l'activité humaine.

Depuis la révolution industrielle, le développement de notre civilisation s'est accompagné d'un recours phénoménal au charbon, au pétrole et à d'autres combustibles fossiles. Le corollaire de leur utilisation, à savoir des rejets massifs de gaz à effet de serre, tel que le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), entraîne l'épaississement continu autour de la Terre de la couche atmosphérique, qui piège les rayonnements infrarouges à l'instar d'une serre, provoquant une élévation de la température de l'atmosphère terrestre et de celle des océans.

Des risques accrus pour 3 milliards d'individus, dans l'hypothèse où la température terrestre augmenterait de 2°C

D'après les études menées par le Centre japonais en charge des actions contre le réchauffement climatique (JCCCA – *Japan Centre for Climate Change Actions*), si rien n'était fait pour stopper l'évolution du réchauffement climatique avant d'atteindre la barre des 450 ppm de CO<sub>2</sub>, il faudrait s'attendre à une augmentation de 2°C de la température terrestre moyenne, ce qui risquerait de provoquer une grave crise écologique pour l'humanité.

Si la température mondiale moyenne devait augmenter de 2°C d'ici à 2050, l'on estime que 2,97 milliards d'individus au total seraient exposés à un (ou plusieurs) risque(s) climatique(s) : 2,7 milliards d'entre eux

\* Président de Toyota France.

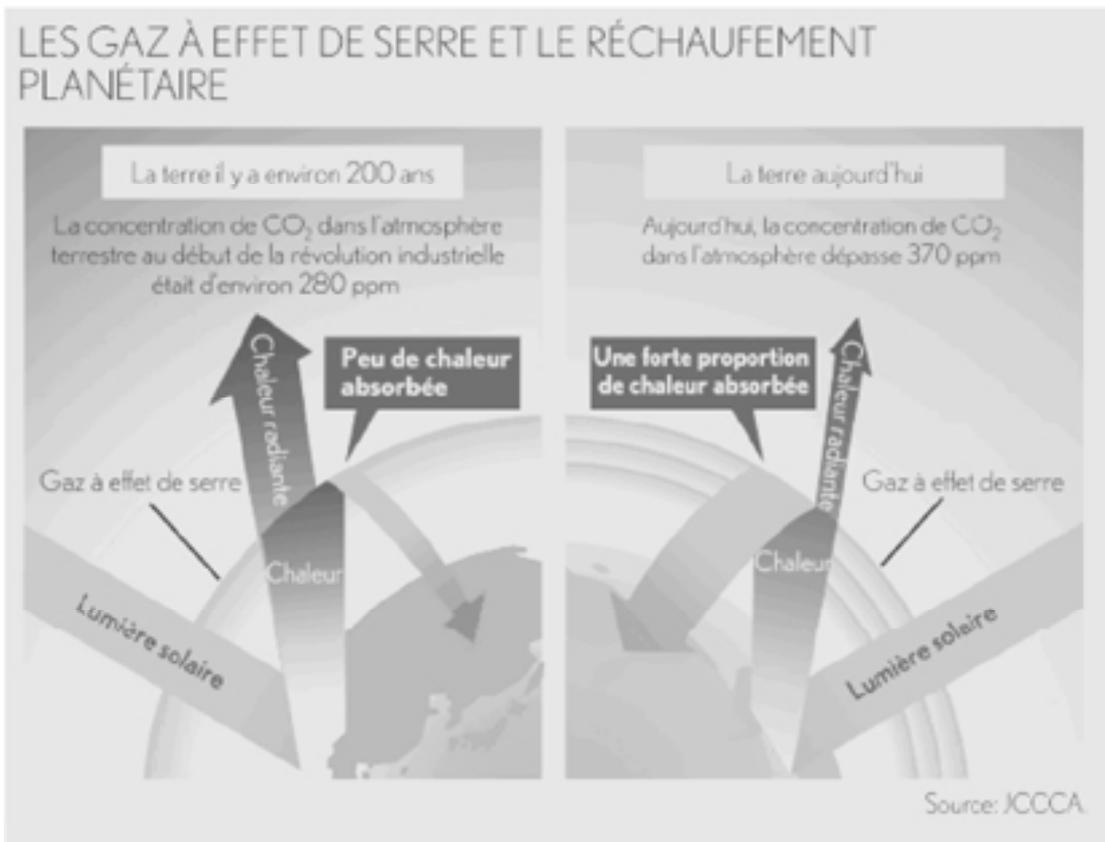


Figure 1 : Les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique planétaire.

seraient victimes de pénuries d'eau, 230 millions souffriraient de paludisme, 30 millions seraient affectés par des inondations et 10 millions, par la famine.

#### Agir pour réduire le CO<sub>2</sub>

On peut donc dire, à juste titre, qu'agir pour réduire le CO<sub>2</sub> relève aujourd'hui de la responsabilité sociale. D'ailleurs, conformément au Protocole de Kyoto signé

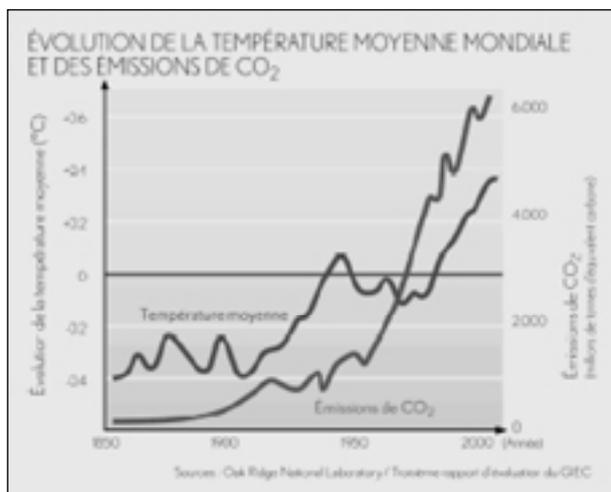


Figure 2 : Evolutions comparées de la température moyenne mondiale et des émissions de CO<sub>2</sub>.

en 1997, les Etats cherchent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Aux termes de cet accord, les pays développés sont tenus de réduire leurs émissions de 5,2 % entre 2008 et 2012, par rapport au niveau qui était le leur en 1990.

Selon les chiffres réunis par l'Organisation pour le Développement des Energies Nouvelles et des Technologies Industrielles (NEDO) concernant la disponibilité énergétique mondiale en 2100 – d'ici moins d'un siècle – 50 % de notre approvisionnement énergétique sera assuré par une grande variété de sources, autres que les combustibles fossiles.

Dès 2040 environ, il se produira probablement un changement considérable, puisqu'à compter de cette date, la production de pétrole diminuera fortement. Cette chute de la production de pétrole devrait être compensée par le gaz naturel, le charbon et d'autres ressources énergétiques. Nous pensons cependant que cet événement aura un impact considérable, et que ces prévisions impliquent que l'on procède sans délai à certains changements drastiques.

La croissance du parc automobile contribuera à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Aujourd'hui, en Europe, 24 % des émissions de CO<sub>2</sub> sont le fait du secteur du transport dans son ensemble, l'automobile n'en représentant que la moitié (soit, par conséquent, encore 12 %) : l'industrie automobile peut donc jouer un rôle non négligeable en matière de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (et autres gaz à effet de serre) dans l'atmosphère.

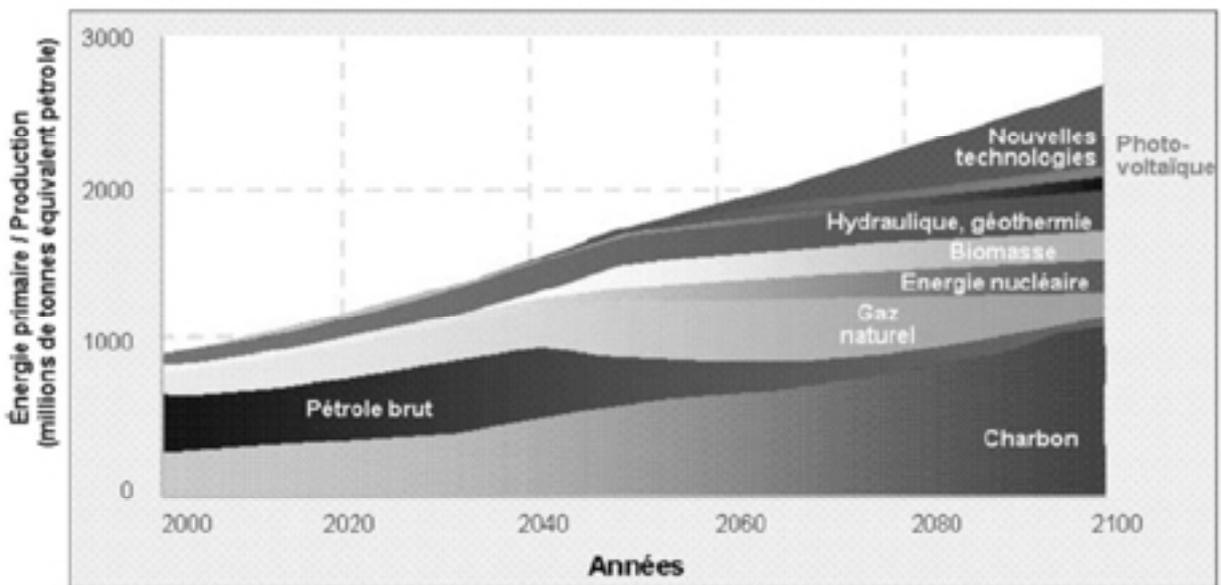


Figure 3 : Evolution de la production d'énergies primaires de 2000 à 2100 (en millions de tonnes équivalent pétrole).

En conséquence, le Gouvernement japonais s'est fixé pour objectif de diminuer de 23,5 % la consommation de carburant des voitures particulières, d'ici à 2015. Le secteur des transports n'a plus qu'un an (jusqu'en 2010)

pour ramener ses émissions de CO<sub>2</sub> à 250 millions de tonnes. Les États membres de l'Union européenne, pour leur part, se sont mis d'accord sur l'objectif de réduire de 20 % leurs émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020.

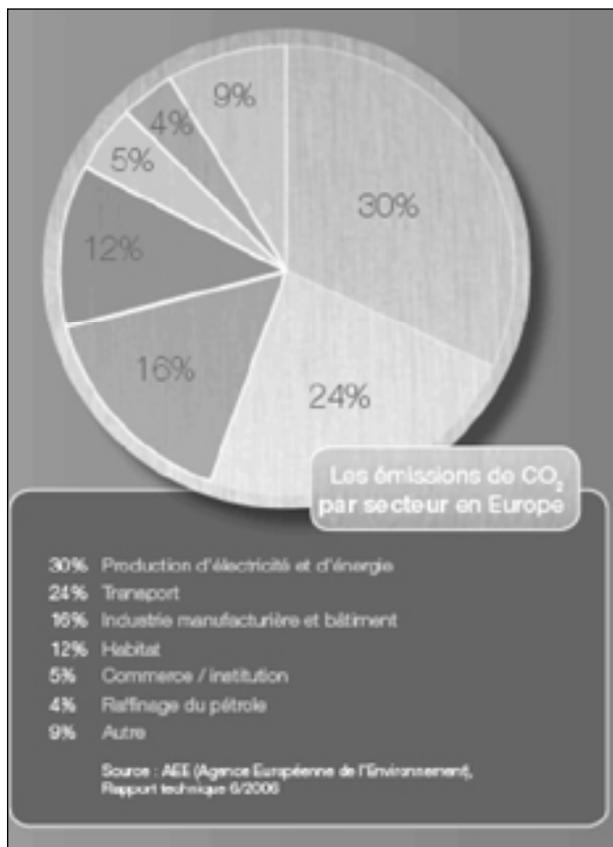


Figure 4 : Répartition des émissions de CO<sub>2</sub> par grand secteur en Europe (en 2006).

#### Les réglementations anti-pollution, une question de culture

Outre le CO<sub>2</sub> dégagé par la combustion de carburants d'origine fossile, les gaz d'échappement contiennent également de nombreux polluants néfastes pour la santé humaine (en particulier pour le système respiratoire), dont le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures imbrûlés (HC), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>) et les particules en suspension (MP).

Le Japon, l'Europe et, tout récemment, les États-Unis (grâce aux décisions prises par l'administration de M. Barack Obama) vont adopter des réglementations nationales plus contraignantes en matière d'émissions nocives. Toutefois, même si leurs réglementations concernant les émissions de gaz à effet de serre par les véhicules à essence sont de sévérités à peu près comparables, des différences significatives subsistent entre les réglementations adoptées par ces trois régions du monde en matière de véhicules « diesel ». Ainsi, les normes japonaises s'avèrent être les plus sévères, la réglementation européenne des émissions des poids-lourds « diesel » demeurant, en comparaison, relativement indulgente en matière d'émissions de NO<sub>x</sub> et de particules fines.

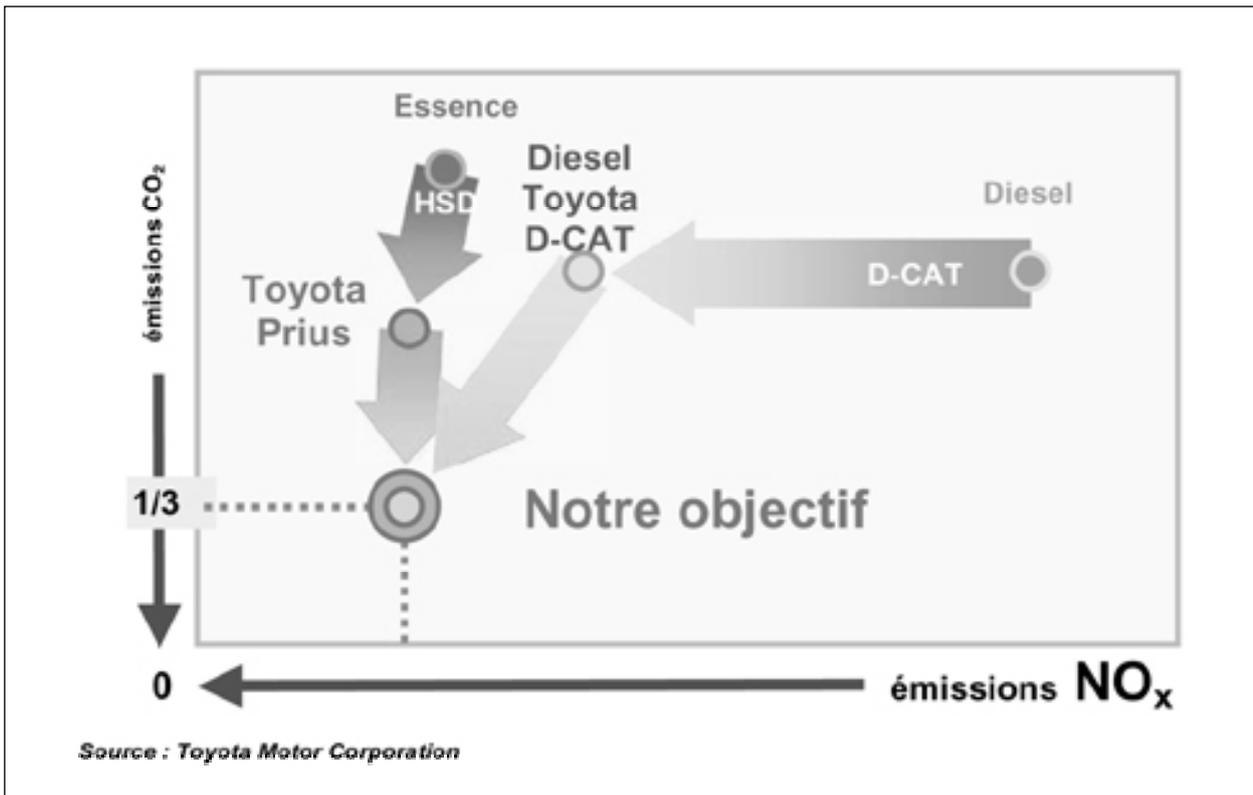


Figure 5 : L'objectif de Toyota : réduire des deux tiers les émissions de CO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub>, et tendre vers leur élimination totale.

## VERS LA VOITURE ÉCOLOGIQUE ULTIME

### Constat environnemental

Notre démarche s'appuie sur le constat environnemental que nous avons rappelé, et sur trois défis que nous devons relever : celui de l'amélioration de la qualité de l'air, celui de la lutte indispensable contre le réchauffement climatique (grâce à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>) et, enfin, celui de la satisfaction d'une demande accrue en énergie, qui est confrontée à la raréfaction du pétrole.

En ce qui concerne la qualité de l'air, nous continuons à améliorer nos motorisations et nos technologies de traitement des rejets polluants (en particulier des oxydes d'azote NO<sub>x</sub>).

Le changement climatique, d'ores et déjà avéré, nous pousse à réduire encore les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de nos véhicules en améliorant sans cesse leur rendement énergétique, et en optant pour des énergies plus propres.

Enfin, nous préparons l'évolution du *mix* des énergies, dans la perspective de la forte diminution de la production de pétrole, qui interviendra autour de 2040.

### La pertinence de la technologie hybride

Le pronostic environnemental prend pour base l'évolution prévisible du parc automobile mondial. Le nombre de véhicules en circulation dans le monde doit augmenter de moitié, passant ainsi de 800 millions de véhicules (aujourd'hui) à 1,2 milliard (à l'horizon 2020). Pour tous les constructeurs automobiles, une augmentation d'une telle ampleur entraîne de nouvelles responsabilités

Dans ce contexte, le principal enjeu est, pour nous, de parvenir à un développement pérenne.

Notre approche est globale : nous prenons en compte l'impact environnemental du véhicule depuis sa conception jusqu'à sa mise au rebut. Et notre approche est aussi multipolaire, car le véhicule doit répondre à un large éventail de demandes.

Nous pensons que pour atteindre notre objectif d'entreprise, nous devons abaisser les émissions de nos moteurs (que ceux-ci soient « essence » ou « diesel ») au tiers du niveau qu'atteignent aujourd'hui les moteurs à essence.

En matière de motorisation, la démarche environnementale de Toyota s'est construite autour de la technologie hybride, qui devrait nous permettre d'atteindre, un jour, le véhicule « ultimement propre ».

Cette technologie, dont Toyota est le pionnier et le leader, s'est concrétisée, dès 1997, avec la commerciali-

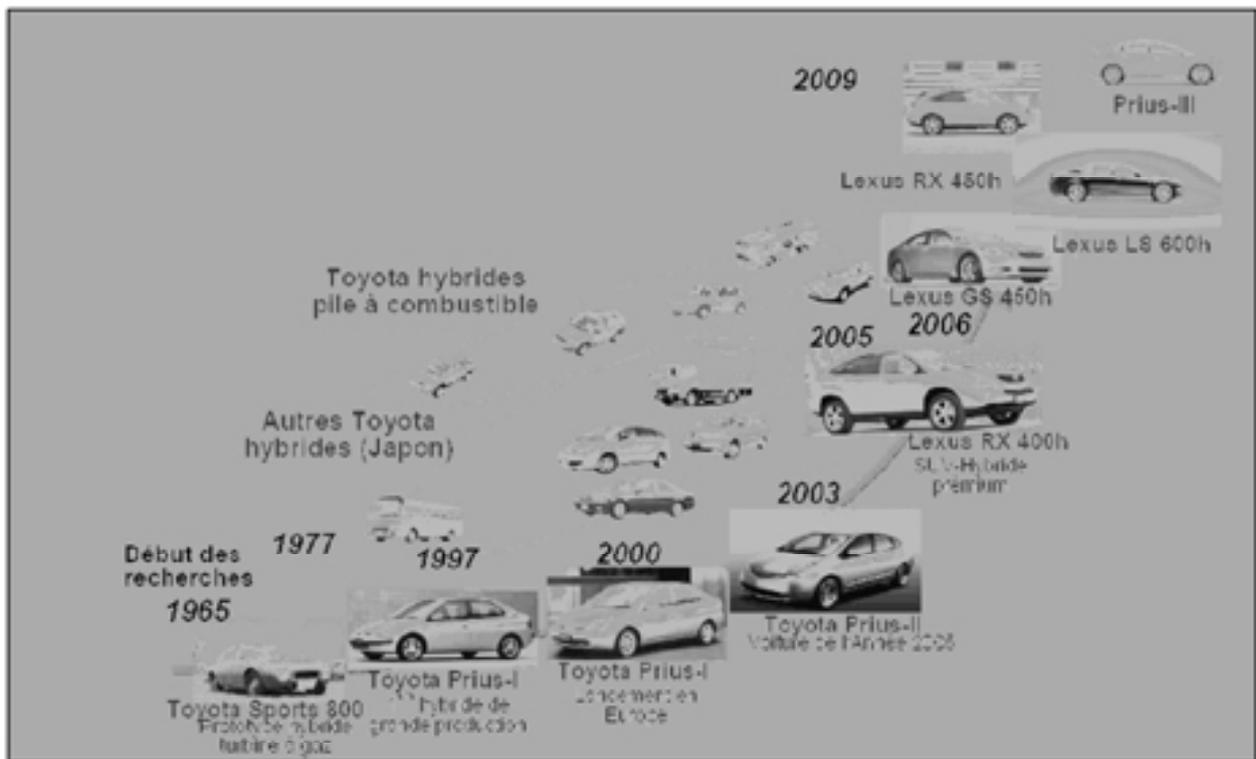


Figure 6 : Chronologie et progression des performances écologiques des automobiles Toyota, depuis 1965.

sation de la Toyota Prius, la première voiture hybride à avoir été produite en série, au niveau mondial.

Elle est née de l'audace des ingénieurs et de leur prise de conscience, dès 1965, de la nécessité de construire une voiture plus vertueuse et respectueuse de l'environnement.

L'offre hybride mondiale des deux marques du groupe, Toyota et Lexus, comporte aujourd'hui douze modèles. Nous avons, à ce jour, vendu plus de 1 815 000 véhicules hybrides dans le monde, dont 1 269 000 Toyota Prius et 152 000 Lexus RX 400h (le premier SUV hybride), 18 000 GS 450h (la première berline hybride haute performance) et 16 800 LS600h (premier modèle de limousine hybride).

Afin de compléter notre offre « hybride », nous nous sommes fixés pour objectif de doubler le nombre de nos modèles et de vendre un million de voitures « hybrides » par an, dès le début de la prochaine décennie. C'est ainsi qu'au début des années 2020, Toyota escompte proposer une version à motorisation hybride de tous les modèles de sa gamme.

Nous sommes convaincus que la technologie hybride est l'innovation majeure, qui caractérisera l'automobile du vingt-et-unième siècle.

En effet, celle-ci permet d'optimiser tout type de motorisation, et elle allie économie et respect de l'environnement au plaisir de conduire (le tout, sans nécessiter d'infrastructures nouvelles de distribution de carburant ou de changement des habitudes des automobilistes).

La technologie hybride Toyota sera également la technologie transversale de nos véhicules du futur, avec, de

plus, des formes d'énergie nouvelles (telle que la pile à combustible hydrogène).

Cette technologie hybride améliore le rendement énergétique de toutes les sources d'énergie : essence, diesel, carburant gazeux, biocarburant de nouvelle génération, carburant de synthèse, hydrogène ou électricité. La plupart de nos hybrides s'appuient sur un moteur à essence ultra-efficace, associé à un moteur électrique (ne produisant aucune émission nocive) et à une batterie Ni-MH (Nickel-Métal hydrure) permettant de fournir la puissance électrique nécessaire.

La véritable révolution que représente notre technologie hybride se situe dans la gestion intelligente des différentes sources d'énergie. En effet, le système optimise chaque aspect de la conduite : accélération, conduite à la vitesse de croisière, freinage, arrêt/redémarrage. Ainsi, par exemple, sur des hybrides essence-électrique, le moteur électrique est alimenté par la batterie constituant la partie électrique de l'hybridation, qui se recharge, notamment, lors des freinages et des décélérations en récupérant l'énergie cinétique du véhicule. Ensuite, le cas échéant, le moteur thermique (à essence) intervient, dès qu'il faut fournir plus de puissance.

#### VOICI LA MANIÈRE DONT UNE *PRIUS* FONCTIONNE

Lancée au Japon, en 1997, et en Europe, en 2000, la Prius de première génération a été la première voiture

hybride de grande série au monde. Son nom, Prius, signifie, en latin : « plus tôt », « en avance ».

La Prius fonctionne, soit en mode électrique pur, soit en combinant mode électrique et mode thermique, selon les conditions de conduite.

L'ensemble est géré dans l'optique d'un rendement optimum, au bénéfice du plaisir de conduire ainsi que de la baisse de la consommation de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub> et autres rejets polluants.

Entièrement autonome, la Prius recharge ses batteries en roulant : elle ne nécessite donc jamais d'être branchée sur le secteur électrique.

La Prius, une berline familiale à cinq places, confortable et performante, est la voiture la moins polluante au monde.

Seulement 89 grammes de CO<sub>2</sub> au kilomètre

La troisième génération de la Prius vient d'arriver (le 15 juin 2009) chez nos concessionnaires. Le système Hybrid Synergy Drive® a été repensé et apporte son lot d'améliorations à ce groupe motopropulseur. 90 % des organes du système hybride (moteur thermique, batterie, inverseur, convertisseur et système de refroidissement) ont été redéfinis, afin de l'alléger et d'en réduire l'encombrement. Parallèlement, les ingénieurs ont cherché à augmenter la puissance, à réduire encore la consommation d'essence dans les conditions réelles d'utilisation, et à améliorer le fonctionnement de la voiture par grand froid.

Les trois générations de Prius qui ont été développées ont fait l'objet de plus de 3 000 dépôts de brevets, à ce jour.

Avec un taux de CO<sub>2</sub> de 89 g/km – chiffre record pour une motorisation essence et sans équivalent chez les « familiales » – la Prius ouvre droit à des avantages fiscaux dans de nombreux pays européens, notamment, en France, avec 2 000 € de « bonus écologique » pour les particuliers. Les entreprises pourront bénéficier, quant à elles, de 1 000 € de bonus et de l'exonération de la taxe sur les véhicules de société (TVS) durant les 24 premiers mois suivant l'achat du véhicule.

De plus, lorsque l'on passe en mode « tout électrique EV » (utilisation en ville) – une fonctionnalité exclusive de la Prius – les émissions sont nulles, à concurrence de deux kilomètres parcourus à 50 km/h. Ajoutons que ses émissions de particules (PM) – grand défaut et désavantage des voitures « diesel » – sont évidemment nulles.

La Prius émet peu de gaz à effet de serre. Avec son taux de CO<sub>2</sub> de seulement 89 g/km (et zéro émission en mode électrique EV, jusqu'à 50 km/h), elle est très en avance sur les futurs engagements concernant le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), même sur ceux fixés à l'échéance 2012 (130 g/km).

La puissance du système hybride augmente de 22 % par rapport à celui de la précédente génération de Prius, passant de 110 à 136 ch. Capable de rivaliser avec toute voiture conventionnelle de 2 litres de cylindrée, la nouvelle Prius accélère de 0 à 100 km/h en seulement 10,4 secondes.

Néanmoins, sa consommation globale d'essence baisse de 14 % par rapport à la version précédente, déjà très économe, ce qui donne un très frugal 3,9 l/100 km, en cycle mixte. De plus, l'augmentation de cylindrée (passée à 1,8 litre désormais) permet d'abaisser le régime moteur à vitesse élevée, ce qui procure une économie de carburant d'environ 10 % sur les longs trajets.

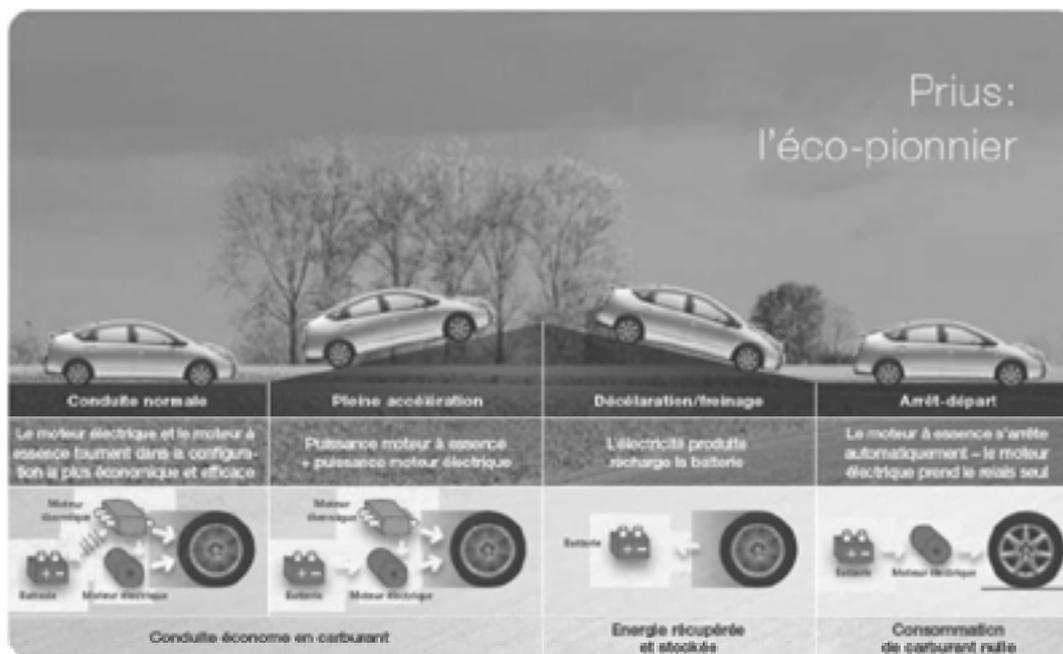


Figure 7 : Mode de fonctionnement de la Prius.

## Les organes du système Hybrid Synergy Drive®

Contrairement aux hybrides « en parallèle » (dits aussi *mild*, pour « semi-hybrides », qui emploient leur moteur électrique à simple titre d'appoint au moteur thermique), ou encore aux hybrides « en série » (chez lesquels l'entraînement des roues est assuré par la seule énergie du moteur électrique), la Prius est une voiture totalement hybride (*full hybrid*), capable de fonctionner seulement en mode électrique ou uniquement en mode thermique, ou bien encore, en associant les deux.

L'Hybrid Synergy Drive® cumule les avantages d'un hybride « en série » (sur le plan des économies d'énergie) et ceux d'un hybride « en parallèle » (sur celui des performances). Il procure une accélération progressive impressionnante et un silence de fonctionnement remarquable, tout en affichant une sobriété exemplaire et des émissions minimales.

Ce système hybride « série/parallèle » de nouvelle génération se compose d'un moteur à essence de 1,8 litre, d'un moteur électrique puissant, d'un générateur, d'une batterie hautes performances, d'une électronique de puissance et d'un répartiteur de puissance. Par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal, ce répartiteur de puissance collecte, puis redistribue la puissance émise par le moteur thermique et/ou le moteur électrique alimenté par le générateur, en fonction des besoins d'utilisation.

### Le moteur à essence à cycle Atkinson

Le nouveau moteur à essence 4 cylindres de 1,8 litre, à cycle Atkinson, développe une puissance de 98 chevaux à 5 200 tr/min et un couple de 142Nm à 4 000 tr/min. Il fournit un couple plus important à un moindre régime qu'un moteur classique (300 tr/min de moins, à 120 km/h). Grâce à cela, son fonctionnement est très silencieux et la consommation est réduite de 10 % sur les longues distances.

### Un moteur électrique de 60 kW

Rappelons que le moteur électrique de la Prius travaille en tandem avec le moteur thermique pour renforcer l'accélération, et entraîne à lui seul les roues lorsque le véhicule fonctionne en mode tout électrique EV. Ce nouveau moteur électrique de 60 kW (81ch) gagne 20 % en puissance et 33 % en capacité par rapport à celui de la précédente version de la Prius.

En décélération et au freinage, le moteur électrique se comporte comme un générateur de forte puissance, optimisant la gestion de l'énergie au sein du Hybrid Synergy Drive® : il récupère l'énergie cinétique (per-

due sous forme de chaleur, avec les véhicules classiques), en phase de freinage et de décélération, et la stocke sous forme d'énergie électrique dans la batterie hautes performances.

### L'électronique de puissance

L'électronique de puissance de l'Hybrid Synergy Drive® est constituée d'un convertisseur haute tension, d'un inverseur et d'un convertisseur CC-CC (courant continu-courant continu) gérés par un calculateur de moteur électrique commandé par le calculateur du système hybride.

### Une batterie de forte puissance

La batterie Hybrid Synergy Drive® à technologie nickel métal hydrure (Ni-MH), une technologie fiable qui a fait ses preuves, voit sa puissance maximale passer à 27 kW/37ch (soit un gain de + 2 kW), ce qui permet à la nouvelle Prius de rouler en mode tout électrique, pour l'utilisation en ville (EV).

### Au choix, trois modes de conduite possibles

En complément de sa transmission électronique intelligente « e-AT », la nouvelle Prius propose, au choix, trois modes de conduite favorisant les performances routières et les économies de carburant.

Au démarrage et jusqu'à la vitesse de 50 km/h, la nouvelle Prius fonctionne automatiquement en **mode EV**, c'est-à-dire en recourant au seul moteur électrique. Mais le conducteur peut aussi sélectionner, manuellement, le mode EV (une option qui n'existe pas sur les véhicules semi-hybrides, et que seule la technologie hybride totale de l'Hybrid Synergy Drive® rend possible). Ce mode EV permet de rouler en ville de façon très silencieuse et sans émissions, l'autonomie dépendant uniquement du niveau de charge de la batterie. Le moteur thermique étant coupé durant son fonctionnement, ce mode de conduite électrique joue un rôle important dans la faible consommation de la nouvelle Prius.

**Le mode ECO** limite la réponse du papillon d'injection des gaz à d'éventuelles pressions agressives sur la pédale d'accélérateur et, par ailleurs, il régule la climatisation. Selon les conditions de conduite, il permet une économie significative de carburant.

**Le mode POWER** modifie également la réponse des gaz de la Prius, mais en stimulant cette fois-ci la puissance, afin d'intensifier l'accélération et le plaisir de conduite.

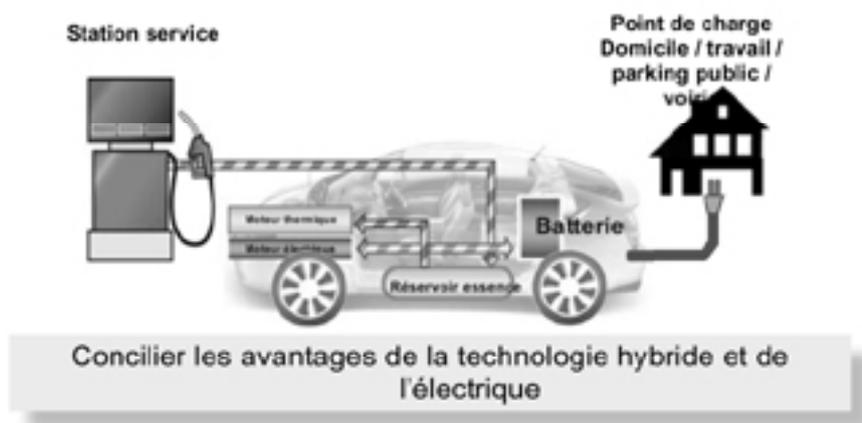


Figure 7 : Mode de fonctionnement de la Prius.

### L'Eco Drive : une aide à la conduite économe

Reposant sur l'affichage de quatre paramètres, l'aide à la conduite économe « Eco Drive » permet au conducteur de maximiser la sobriété du système Toyota Hybrid Synergy Drive®.

Un suivi énergétique affiche en temps réel les conditions de fonctionnement du moteur thermique et la circulation de la puissance électrique. Il aide ainsi le conducteur à comprendre les flux énergétiques de base au sein du groupe hybride.

Un indicateur de système hybride matérialise, en temps réel, l'usage de l'accélérateur pour aider le conducteur à doser son action sur la pédale, et à adapter son style de conduite afin d'optimiser le rendement de la voiture.

### L'HYBRIDE RECHARGEABLE

Testé à la fin 2009 sur les routes de France, notamment à Strasbourg avec EDF, le Véhicule Hybride Rechargeable (VHR) de Toyota constitue une nouvelle étape vers la mise au point de l'éco-voiture ultime. Le VHR peut se recharger pendant la conduite, comme un hybride normal, en profitant du freinage et de la décélération, mais son propriétaire peut aussi le brancher sur le réseau électrique au moyen d'une prise standard, à la maison, au travail ou sur une borne prévue à cet effet. La durée de la recharge de la batterie est comprise entre une heure et demie et deux heures. Comparé à la Toyota Prius hybride, le VHR fonctionne plus souvent en mode tout électrique (sans consommation d'essence). Il coûte donc moins cher à l'usage et génère moins de CO<sub>2</sub>, en particulier lorsque l'électricité est produite à partir de sources d'énergie renouvelables.

Tout l'enjeu, pour une large diffusion de cette voiture, réside dans le développement des batteries.

Le nouveau Département Batteries de notre centre de R&D coopère actuellement avec Panasonic EV Energy

en vue de mettre au point des batteries lithium-ion plus performantes.

EDF et Toyota ont également développé un système de charge et de facturation intelligent, dont sont équipés les prototypes actuellement testés. Ce système est compatible avec la nouvelle génération de bornes de charge conçues pour rendre l'énergie électrique plus accessible sur le réseau routier et les parkings publics, et réduire le coût de l'électricité livrée au client pour cet usage.

Dès la fin 2009 et pour une durée de trois ans, environ 150 VHR nouvelle génération, équipés de batteries lithium-ion, seront proposés en location à des entreprises, ainsi qu'à des partenaires institutionnels de la région de Strasbourg.

Pour Toyota, ce programme s'inscrit dans le cadre d'un projet mondial, qui sera également déployé au Japon et aux Etats-Unis, à partir de la fin 2009. L'objectif principal de Toyota est d'accélérer l'étude de la technologie et des performances des véhicules hybrides rechargeables. Pour EDF, il s'agit d'évaluer différentes solutions opérationnelles concernant l'infrastructure de recharge des batteries des véhicules. L'enjeu, commun à EDF et à Toyota, est d'élargir la compréhension et l'acceptation des consommateurs, en vue de préparer une large commercialisation de ce type de véhicule dans le futur.

### EN CONCLUSION

Pour assurer la pérennité de notre entreprise, le Président de Toyota exprime la vision de notre avenir par ces mots : « *Je rêve que nous parvenions à produire des voitures idéales, qui purifient l'air en roulant et ne provoquent plus aucun accident* », poussant même le concept jusqu'à « *des voitures améliorant notre santé, à mesure que nous les conduisons* » !

Nous avons présenté il y a peu notre Vision globale 2020, vision d'entreprise qui intègre les nouvelles données de notre environnement et les défis que nous

devons relever : les cycles de l'industrie sont étroitement liés à ceux de la nature, et nous souhaitons jouer un des tous premiers rôles en promouvant le développement d'une industrie, qui soit « en harmonie avec le cycle de la nature ».

Trois grands objectifs principaux, sont pour nous à l'ordre du jour :

- Étendre notre recherche et développement au-delà de la recherche traditionnelle industrielle automobile (notamment à la biologie, à la médecine, à la physico-chimie et à l'intelligence artificielle) ;
- Prendre une position de leader dans l'homogénéisation des cycles de l'industrie et de la nature, en utilisant des technologies issues de l'activité automobile : l'hybridation, les systèmes d'aide à la conduite ou de mobilité dans la ville, l'interface entre les hommes et les infrastructures, et le développement des Systèmes de Transport Intelligent (ITS) ;
- Développer l'assistance à l'humain, avec la robotisation, le développement de nouvelles générations de batteries, la biotechnologie et les biocarburants de nouvelle génération.