

La quête de l'autonomie

Si la popularité des voitures électriques va croissant, leurs batteries coûteuses et écologiquement contestables ne font guère que des adeptes, d'autant que la durée des recharges est problématique. Les prolongateurs d'autonomie et l'hybride série pourraient être l'une des clés au problème, à l'instar de la solution HyperHybrid d'Obrist Powertrain et d'autres concepts prometteurs.



En voyant le modèle électrique le plus compact détalé comme un lapin à la demande, force est de constater que la conduite électrique peut être grisante. Les moteurs électriques sont très maniables et terriblement efficaces sur les itinéraires courts en ville.

Pourtant, en y regardant de plus près, la question de la durée des recharges et du bilan écologique se pose tôt ou tard. S'il est de plus en plus aisé de recharger sa voiture électrique au quotidien grâce à l'extension du réseau de bornes de recharge rapide sur les autoroutes, les habitués des longs trajets doivent s'adapter et prévoir large. Seules les batteries de grande capacité peuvent parcourir de longues distances, mais leur

Une Tesla Model 3 sert de base technique. La nouvelle unité génératrice est placée dans un compartiment sous le capot

production laisse une empreinte carbone si désastreuse que le bilan écologique total des modèles qu'elles équipent est ruiné.

C'est pourquoi les ingénieurs travaillent de longue date à des concepts alternatifs susceptibles d'améliorer l'autonomie. L'une des solutions avancées est l'hybride série, à l'origine des modèles équipés d'un prolongateur d'autonomie. La propulsion de ces voitures est assurée à 100 % par un moteur électrique prélevant son énergie sur une batterie, la taille de cette batterie étant inférieure à celle des voitures 100 % électriques car elle se recharge en chemin.

En effet, un moteur thermique, ou une pile à combustible, est embarqué comme générateur électrique, produisant

exclusivement l'électricité destinée à recharger la batterie sans être relié à l'essieu moteur ou aux roues. Si les prolongateurs d'autonomie actuellement disponibles sur le marché reposent essentiellement sur des moteurs à essence classiques, les hybrides série font plutôt appel à des moteurs à combustion interne stationnaires. Les moteurs deux cylindres y sont privilégiés pour leur fonctionnement silencieux et le confort qu'ils impliquent.

Une Tesla équipée de la nouvelle technologie

Convaincue du potentiel de l'hybride série, l'entreprise technologique autrichienne Obrist Powertrain a développé son groupe motopropulseur

MAZDA

Le retour du moteur rotatif Wankel

Chez les constructeurs automobiles également, le principe du prolongateur d'autonomie fait son chemin. Mazda travaille ainsi à un modèle de prolongateur d'autonomie fonctionnant avec un moteur à piston rotatif.

Comme la mode et la musique, la construction automobile est sujette à une loi cyclique de retour des anciennes tendances. Chez Mazda, à double titre. En effet, le premier modèle à batterie électrique du constructeur japonais, le **MX-30**, doit s'accompagner ultérieurement d'un prolongateur d'autonomie en option. À la différence des concepts développés jusqu'à présent, notamment sur la première Opel Ampera et le BMW i3, Mazda ne fait pas appel à un moteur à essence à pistons classique, mais réactive le moteur Wankel à piston rotatif. La marque japonaise a inauguré ce type de moteur dans son coupé sport RX-8.

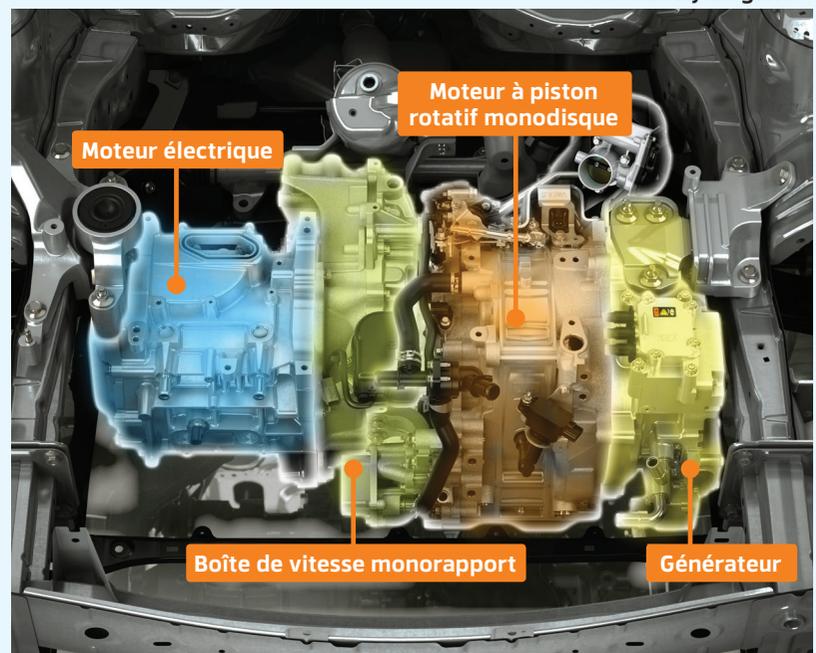
Mais dans cette nouvelle distribution, le **moteur à piston rotatif** est avant tout stationnaire et fonctionne à régime constant. Selon Mazda, une telle application permet d'éliminer la majorité des inconvénients reprochés au moteur Wankel lorsqu'il était utilisé pour la propulsion, à savoir un taux de rendement faible et de fortes émissions polluantes. Par ailleurs, ce moteur présente de nombreux avantages. D'une part, il est nettement plus léger qu'un moteur à pistons classique comparable et présente nettement moins de vibrations en fonctionnement. Cette qualité assure un confort de conduite et un niveau de bruit très proches de celui d'un moteur électrique.

D'autre part, le moteur à piston rotatif conçu selon le principe du moteur Wankel fonctionne avec **différents types de carburants**. Il peut donc être alimenté en essence ou en gazole, mais aussi au gaz liquide ou naturel, voire à l'hydrogène pur, ce qui maximise son potentiel d'avenir au regard des carburants synthétiques. En l'occurrence, c'est surtout sa compatibilité avec l'hydrogène qui rend le moteur Wankel si attractif.

Car contrairement aux moteurs à combustion classiques, l'hydrogène très chaud n'y entraîne aucune détérioration des composants environnants tels que les soupapes. D'autant qu'il s'écoule très vite et ponctuellement, les espaces morts se situant dans la chambre de combustion n'entraînant alors aucun risque.

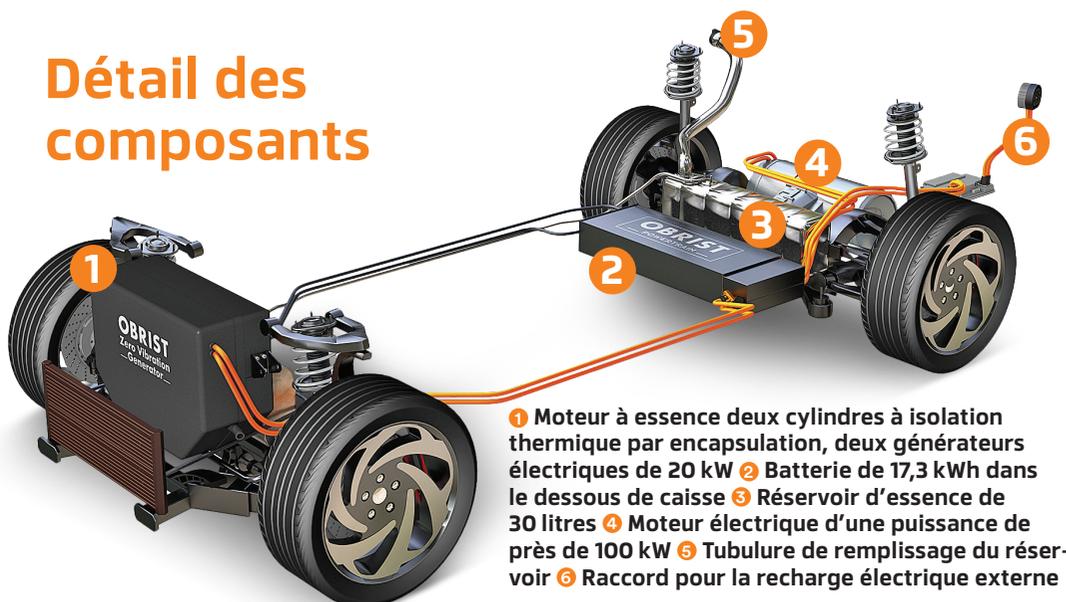
Aucun détail concret n'a encore fuité sur le prolongateur d'autonomie rotatif planifié pour la production en série dans le MX-30, mais un groupe moteur monodisque d'un volume de chambre d'env. 700 cm³ a été évoqué. Le calibrage pour le marché européen pourrait donner les valeurs suivantes : un générateur délivrant une puissance d'env. 20 kW pour voyager sereinement, quasiment sans limite d'autonomie, à 120 km/h. Mazda ne rejette pas non plus la possibilité d'une solution hybride série rechargeable, dont la motorisation serait supérieure, le générateur plus grand et la batterie plus compacte. À l'heure actuelle, la production en série du nouveau moteur rotatif n'est pas prévue avant fin 2021 ou début 2022.

Le moteur Wankel est conçu pour générer très peu de vibrations et accepter tout type de carburant, y compris le gaz ou l'hydrogène



Crédits photos : Mazda

Détail des composants



- 1 Moteur à essence deux cylindres à isolation thermique par encapsulation, deux générateurs électriques de 20 kW
- 2 Batterie de 17,3 kWh dans le dessous de caisse
- 3 Réservoir d'essence de 30 litres
- 4 Moteur électrique d'une puissance de près de 100 kW
- 5 Tubulure de remplissage du réservoir
- 6 Raccord pour la recharge électrique externe

« HyperHybrid Mark II » sur ce modèle. Comme prototype et base technique, l'équipe d'ingénieurs a choisi une Tesla Model 3, situant les performances visées par le nouveau produit dans la catégorie des voitures de taille moyenne. Toute la batterie de traction et sa commande ont été remplacées par de nouveaux composants, un moteur électrique de près de 100 kW et une batterie de seulement 17,3 kWh, rechargée par câble en externe avec une puissance d'env. 3,7 kW ou pendant le déplacement, à partir du « générateur vibration zéro » embarqué. Derrière cette appellation se dissimule un moteur à essence deux cylindres intégrant deux générateurs de 20 kW pour la production d'électricité. ▷

Ce concept comporte plusieurs avantages. D'une part, le prototype est nettement plus léger que le modèle de départ : ses batteries de petite taille permettent d'économiser près de 250 kg, tandis que le moteur à combustion interne évite toute coupe sombre sur le confort. D'autre part, les longs trajets ne posent aucun problème, dans la mesure où ce dernier fournit l'autonomie nécessaire. D'autant que la consommation de carburant estimée est nettement moindre que sur les modèles hybrides rechargeables ou ceux équipés de prolongateurs d'autonomie classiques.

La différence principale de l'HyperHybrid réside dans son moteur à essence deux cylindres qui, pour des raisons de conception, fonctionne quasiment sans vibrations et est élaboré pour un mélange

air-carburant constant ($\lambda = 1$) assurant un fonctionnement sur les plages de régime optimales. Il est donc particulièrement efficace et ne produit aucune émission nocive de type oxydes d'azote (NOx) ni de particules lors de la combustion. Enfin, ce moteur bénéficie d'une isolation thermique.

Une stratégie de recharge spéciale

Il ne perd donc ni chaleur, ni énergie, ce qui permet de minimiser les taux d'émission particulièrement élevés dans les phases de démarrage à froid. Selon Obrist, ce moteur ne consomme pas plus de 2,0 l d'essence et 7,3 kWh d'électricité aux 100 km en conditions réelles. L'autre particularité du concept autrichien tient à sa stratégie de recharge. Au lieu

d'attendre que la batterie soit vide, le moteur à combustion interne maintient la capacité entre 50 et 70 % afin de ménager les cellules.

Tout cela paraît très sensé en théorie, mais dans la pratique, comment se conduit l'HyperHybrid ? Installons-nous donc au volant du prototype pour y faire un tour. Appuyons d'abord sur la position « D » pour lancer le bolide en douceur. Tout y paraît identique à une voiture 100 % électrique, vous n'entendez aucun bruit de moteur, et le couple maximal est disponible dès le démarrage. La différence ne se fait sentir qu'à l'approche de l'autoroute. Le moteur auxiliaire s'enclenche automatiquement à partir de 65 km/h : si vous êtes très attentifs, vous remarquerez de légères vibrations au volant et entendrez de petits bourdonnements.

DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTIERS

Des concepts plein le tiroir

L'idée du prolongateur d'autonomie n'est pas neuve. Différents équipementiers consacrent des recherches à ce sujet depuis de nombreuses années. Plusieurs solutions possibles ont été présentées.

■ Il y a plus de dix ans déjà, en 2009, la marque Opel a dévoilé sa première Ampera, une voiture électrique équipée d'un prolongateur d'autonomie. Mais le constructeur n'était pas le seul à avoir eu cette idée. À la même époque, plusieurs équipementiers avaient développé des concepts similaires pour booster les progrès de l'électromobilité, offrant une autonomie encore terriblement modeste. Ainsi, en 2012, **Rheinmetall Automotive** (jadis KSPG) présentait une étude compacte de groupe moteur de 30 kW. D'abord testé dans une Fiat 500, il équipe aujourd'hui un modèle StreetScooter comme prolongateur d'autonomie alimenté au GPL.

Comme dans l'HyperHybrid, les ingénieurs de Rheinmetall Automotive avaient fait appel à un moteur à essence deux cylindres mais en montant les cylindres en V. Grâce au positionnement vertical du vilebrequin, le module est si compact qu'il s'installe sans problème dans le dessous de caisse ou le logement destiné à la roue de secours d'une voiture compacte. Où qu'il soit installé, ce groupe reste discret, n'émet guère de bruits ni de vibrations et s'intègre aisément dans le véhicule grâce à un interfaçage très simplifié. Autre avantage pour le conducteur : ce petit moteur se charge en outre du chauffage et de la climatisation de la batterie, du moteur électrique et de l'habitacle sans réduire l'autonomie.

Chez l'équipementier **Mahle**, les ingénieurs sont allés encore plus loin. Leur prolongateur d'autonomie de 30 kW – également un moteur à deux cylindres – a été monté pour la première fois en 2014, dans un véhicule d'essai, avant de servir de base technique au Mahle Modular Hybrid Powertrain (MMHP) développé en 2018, déployant une puissance pouvant atteindre 90 kW. Derrière cette appellation pompeuse se cache

un modèle de moteur qui combine les avantages de l'hybride série et de l'hybride parallèle, et promet donc une efficacité accrue, surtout à grande vitesse.

Bien qu'ils aient été développés pour la production en série, la sortie officielle de ces deux modèles n'est pas encore prévue. Les équipementiers ont débuté des négociations avec différents constructeurs, mais aucun projet concret n'a encore vu le jour jusqu'à aujourd'hui.

Les deux solutions proposées par les équipementiers reposent sur un moteur à essence deux cylindres très silencieux comme générateur d'électricité



UNIVERSITÉ EN ALTERNANCE DU BADE-WURTEMBERG (DHBW), STUTTGART

La pile à combustible vue sous un nouvel angle

Quand la pile à combustible se transforme en générateur d'électricité pour la route. Dans l'automobile, les piles à combustible utilisées jusqu'à présent fonctionnent à l'hydrogène tandis que des concepts alternatifs exploitent le méthanol comme carburant.

■ Quand on parle d'électromobilité, la question des voitures propulsées à l'hydrogène revient souvent. Ces dernières ne produisent pas d'émissions, elles sont utilisées à l'échelle locale et le **plein se fait rapidement** comme sur un véhicule à essence classique. Le problème, c'est que les stations d'hydrogène sont pratiquement inexistantes. D'où l'idée qu'ont eu plusieurs entreprises de tester des piles à combustible utilisant le méthanol comme carburant pour le transformer par réactions électrochimiques en électricité destinée à la propulsion électrique pendant le déplacement. Le principe n'est pas complètement nouveau, différents appareils servent déjà depuis des années de générateurs d'électricité dans les véhicules de camping.

À côté de Gumpert et de sa *supercar* électrique Nathalie, l'université en alternance du Bade-Wurtemberg (DHBW), au site de Stuttgart, élabore également des véhicules d'essai équipés de prolongateurs d'autonomie en collaboration avec des entreprises partenaires. Mais les approches divergent. Ainsi, la pile à combustible au méthanol haute température de la société Siqens fonctionne à 160 °C pour atteindre un taux de rendement supérieur aux systèmes pour camping-car et caravanes. De plus, il n'est pas nécessaire de la réchauffer si les températures passent sous zéro. Au contraire, elle fonctionne dès -20 °C et peut être stockée à -40 °C sans danger.

Le seul hic, c'est que si la **pile à combustible au méthanol** ne produit pas d'émission nocives telles que NOx, CO et particules fines, elle rejette toutefois du CO₂. Dans ce cas, pourquoi tant d'efforts ? Parce qu'à la différence de l'hydrogène, trop coûteux sur le plan du stockage et de l'infrastructure de stations-service, le méthanol peut être proposé dans n'importe quelle pompe à essence. Par ailleurs, la synthèse du méthanol est pratiquement neutre en carbone, il est normalisé comme carburant dans l'Union européenne et il s'utilise dans les moteurs à combustion classiques.



La Moke est basée sur l'ancienne Mini et distribuée depuis le début des années 1960. En collaboration avec ses partenaires, la DHBW transforme le moteur pour qu'il fonctionne avec une pile à combustible alimentée au méthanol



Crédits photos: DHBW Stuttgart/Wolf Burger

Décus ? Au contraire. L'insonorisation ne joue qu'un rôle accessoire sur ce prototype. Les qualités dynamiques du moteur sont bien plus importantes. D'après les ingénieurs autrichiens, l'HyperHybrid doit passer de 0 à 100 km/h en 6,6 secondes et atteindre une vitesse de pointe de 170 km/h.

S'il n'est pas possible de tester la vitesse de pointe, une petite route sinueuse à flanc de montagne offre un terrain de jeu approprié. Sans effort, nous accumulons les mètres d'altitude,

accélérons à la sortie de chaque virage et semons vite le photographe installé dans une berline surmotorisée à notre suite. Autre point positif : aucun à-coup à l'enclenchement et à l'arrêt du moteur thermique.

Production en série planifiée

Au niveau du prix, Obrist souhaite également faire référence. Ainsi, une voiture de gamme moyenne équipée du nouveau motopropulseur doit être proposée à partir de 20 000 € environ.

Le concept est voué à évoluer et à s'ouvrir à d'autres modes de recharge ou motorisations plus puissantes.

Les acheteurs potentiels devront toutefois s'armer de patience. Obrist a certes déjà vendu une licence pour la production du groupe motopropulseur, mais le nouveau constructeur n'envisage pas de lancement en série avant 2023/24.

Texte : Annette Bender-Napp
Photos : Dino Eisele