



# SURVOLÉE !

A la fois plus puissante et dotée d'une autonomie doublée, la deuxième génération de formule E marque une avancée considérable. Avec cette nouvelle monoplace 100 % électrique, l'équipe DS-Techeetah espère jouer les premiers rôles lors de cette saison 5 qui débute le 15 décembre en Arabie Saoudite.

Par Alain Pernot  
Photos Laurent Villaron



**“Si l’on tient compte des 15 kilos du Halo, cette voiture offre une autonomie doublée et une performance accrue pour seulement 5 kg de plus que la précédente !”**

Thomas Chevaucher Directeur technique DS Performance



A

avant de courir, il faut savoir marcher. En lançant le premier championnat de monoplace électriques en 2014, les organisateurs de la formule E ont fait un grand saut dans l'inconnu et n'ont eu d'autres choix que de composer avec les technologies du moment, pas vraiment

prévues pour une application en compétition. Cette première formule E était donc une monoplace monotype aux performances modestes et à l'autonomie pour le moins limitée. Pour venir à bout d'une course de 50 minutes, il était en effet nécessaire de changer de voiture à mi-parcours ! Il ne s'agissait bien sûr que d'une première étape en attendant une technologie plus aboutie. C'est ce bond technologique qu'incarne la deuxième génération de formule E qui va entrer en piste le 15 décembre. Plus que par son look futuriste, c'est par ce qui se cache sous son capot que cette monoplace marque une véritable avancée. Cette « Gen2 » voit en effet son autonomie doublée ! Désormais, une seule voiture suffira pour boucler 45 minutes de course. Un sacré progrès... Comme si ce gain déjà spectaculaire ne suffisait pas, la nouvelle formule E offre en prime une puissance maximum augmentée de près de 25 %. En mode « *qualif* », elle passe de 200 kW à 250 kW (soit environ 338 ch) alors qu'en course, elle progresse de 180 kW à 200 kW (270 ch), voire même 225 kW (303 ch) lors de certaines phases de l'épreuve. Fini l'apprentissage de la marche, le temps est désormais venu de courir !

#### Une batterie nouvelle génération

Ce pas de géant en matière d'autonomie est rendu possible par une toute nouvelle batterie. Comme le châssis SRT05e, l'aéro et la

Le châssis et la batterie restent standard sur cette génération 2. Le savoir-faire des constructeurs se concentre sur le groupe propulseur : moteur, gestion de batterie, onduleur, boîte et suspension arrière.

ont en effet eu la sagesse de rester fidèles à un modèle maîtrisé afin d'éviter une dérive incontrôlée des coûts. La nouvelle batterie est donc le fruit d'un appel d'offres remporté par McLaren Applied Technologies. En réalité, McLaren s'appuie sur la technologie d'Atieva, une société américaine fondée en 2007 par des anciens de Tesla et rebaptisée Lucid Motors en 2016. L'idée de départ de ces transfuges était de développer des batteries pour le compte de sociétés tierces mais, en cours de route, ils ont décidé de concurrencer Tesla avec leur propre voiture, sous la marque Lucid dont le premier modèle, la Air, sortira début 2019. La nouvelle batterie de la formule E est donc équipée de cellules Lithium conçues et intégrées par Lucid-Atieva, et commercialisée par McLaren Applied Technologies qui en assure aussi le suivi sur les circuits. Conformément au cahier des charges ambitieux défini par les organisateurs, cette nouvelle batterie délivre 54 kWh, alors que la précédente n'avait que 28 kWh à offrir. Pour bien prendre la mesure du saut technologique réalisé, il faut préciser que cette nouvelle batterie n'est que 85 kg plus lourde que la précédente (qui pesait 300 kg). Autrement dit, ce nouveau pack propose 92 % d'énergie en plus pour une surcharge pondérale de seulement 28 % ! Le progrès en densité énergétique est énorme ! Il est probable que cette batterie recoure à des composants inédits du type aluminium ou nickel/cobalt/manganèse. Les plus forts en calcul se demanderont

suspension avant (toujours conçus par Spark en partenariat avec Dallara), la batterie reste standard et commune à toutes les équipes (il faudra attendre au mieux la saison 11 pour des batteries libres). Malgré le succès de la discipline, les organisateurs de la formule E

sûrement comment une voiture dotée de « *seulement* » 92 % d'énergie supplémentaire va pouvoir boucler une distance 100 % plus longue, qui plus est avec une puissance boostée de 25 %... Excellente question ! Pour permettre aux concurrents de trouver une solution à cette audacieuse équation, les législateurs ont activé deux leviers. Ils ont d'abord augmenté la quantité d'énergie qu'il est possible de récupérer lors des phases de freinage. Auparavant plafonnée à 150 kW, cette régénération permet désormais de récupérer une puissance de 250 kW. « *Sur l'ensemble d'une course, l'an dernier, un pilote qui faisait bien son boulot dans ce domaine pouvait récupérer entre 15 et 20 % d'énergie sur la durée de la course*, confie Thomas Chevaucher, le jeune directeur technique de DS Performance. *Cette année, ce bonus va se situer entre 30 et 40 % !* » Autre nouveauté désormais autorisée : le freinage électronique (brake by wire). Thomas Chevaucher nous en dit plus sur ce dispositif déjà utilisé en formule 1 depuis 2014 : « *Pour pouvoir exploiter pleinement l'augmentation de la régénération, il fallait une gestion du freinage plus évoluée. Jusque-là, quand le pilote appuyait sur la pédale, il créait de la pression à l'avant grâce à un maître-cylindre et de la pression sur l'arrière avec le deuxième maître-cylindre. La voiture générait alors un couple électrique aidant le freinage des roues arrière. C'était un peu délicat à régler. Désormais, avec le brake by wire, il n'existe plus de ligne entre le pied du pilote et les freins arrière. Le pilote va uniquement envoyer de la pression sur les freins avant et la voiture va s'occuper de générer un couple à l'arrière réparti entre l'électrique et l'hydraulique. L'avantage est que, en fonction des situations, la voiture va pouvoir optimiser elle-même la participation de l'électrique et donc la récupération d'énergie qui en découle. Ce sera à coup sûr un facteur déterminant dans les performances à*

Les pilotes redoutent davantage l'impact des arches de roue sur la visibilité en milieu urbain que celui du Halo. Ils s'attendent aussi à devoir gérer l'usure des pneus, plus tendres.

venir. » Ce système fait partie de la sphère de développement laissée aux concurrents. « *La FIA a une vraie volonté de concentrer l'investissement des constructeurs là où c'est utile pour l'automobile, c'est-à-dire sur le powertrain, qui comprend le moteur*

*électrique, l'onduleur, la gestion de la puissance, la boîte de vitesses et la suspension arrière*, résume Xavier Mestelan-Pinon, le directeur de DS Performance. *Certains ont demandé que l'on ouvre l'aéro mais, finalement, tout le monde a convergé vers une aéro standardisée, y compris les Allemands* ». Pour DS Performance, l'étude de ce nouveau groupe propulseur a commencé dès septembre 2016 avec un staff renforcé. « *Aujourd'hui, nous avons environ 70 techniciens qui travaillent sur ce programme sur une équipe totale d'une centaine de personnes*, précise Xavier Mestelan-Pinon. *Nous travaillons aussi en étroite collaboration avec les gens de la série, ce qui n'était pas vraiment le cas lorsque j'étais en WRC, par exemple. L'un des sujets principaux est relatif aux outils de simulation pour savoir quel moteur, quelle boîte et quel onduleur utiliser afin d'obtenir le meilleur rendement. Il y a des outils qui viennent de chez eux, et qui sont dotés d'une forte puissance de calcul, et d'autres qui viennent de chez nous.* » Ces échanges sont d'autant plus précieux que DS Automobiles est en pleine préparation de ses premiers modèles électriques de série.

#### Une obsession : réduire les masses

Comme l'explique Thomas Chevaucher, le développement de ce groupe propulseur a été guidé par une contrainte bien précise :

« *Le plus gros défi que nous avons dû relever est la réduction* » ●●●



Dépourvue d'aile arrière, la formule E Gen2 offre néanmoins une efficacité aérodynamique accrue. Pour un niveau d'appui similaire, la traînée est moindre.



STUDIO DS E-Tense FE 19 (2018-2019)



panoramica/istock

**“Avec 250 kW en qualifs sur de tels circuits, ça va commencer à être chaud ! Déjà que j’avais plus peur en FE à 200 kW que lors d’une qualif en F1...”**

Jean-Eric Vergne  
Pilote de formule E

des masses. Cette Gen2 a un poids minimum imposé de 900 kg, pilote à bord, alors que la précédente pesait 880 kg. Si l'on tient compte des 15 kilos du Halo, cette voiture offre une autonomie doublée et une performance accrue pour seulement 5 kg de plus que la précédente ! Il a donc fallu alléger au maximum ses composants. Une partie a été gagnée au niveau châssis sur une base de 300 kg et une autre l'a été au niveau du powertrain sur une base de 140 kg. Nous sommes parvenus à faire descendre la masse de ce dernier à 110 kg. C'est quasiment 25 % de gagnés ! » Ces contraintes n'empêchent nullement ce groupe propulseur de progresser en rendement : « Au niveau du rendement maximum, nous sommes arrivés à 97 %, ce qui représente un gain de 2 % par rapport à notre solution de la saison 2, précise Thomas Chevaucher. Mais nous avons gagné bien plus en rendement moyen à bas régime, ce qui est encore plus précieux ! » Et dire que les moteurs à combustion interne peinent toujours à dépasser les 40 % après plus de 130 ans de développement ! Pour ce qui est du moteur électrique à proprement parler, DS travaille avec un partenaire, alors que les suspensions et la boîte de vitesses sont dessinées en interne et fabriquées par des sous-traitants. « Toutes ces pièces sont homologuées pour la saison, précise Thomas Chevaucher. Elles ne peuvent pas être modifiées en cours de saison. Il n'y a que la partie logicielle que les équipes peuvent développer tout au long de l'année. Ce travail est entièrement mené en interne. »

Les essais en piste ont eu lieu de mars à octobre. Après trois saisons de partenariat avec la très anglaise équipe Virgin Racing, DS Performance accède désormais pleinement au statut de constructeur et s'associe avec l'équipe Techeetah, qui a remporté le titre pilote avec Jean-Eric Vergne. Auparavant basée en Angleterre, l'équipe chinoise (cf. Sport Auto n° 677) a pris ses quartiers dans les locaux de PSA Motorsport, à Versailles-Satory. « Avoir tout le monde sous le même toit était vraiment une étape primordiale », précise Xavier Mestelan-Pinon. Les deux pilotes de Techeetah ont été accueillis à bras ouverts : Jean-Eric Vergne, champion en titre et ancien pilote DS (en saison 2), et André Lotterer. Ils ont pu profiter des 15 jours d'essais octroyés aux constructeurs (et dont ils n'avaient pas pu bénéficier l'an dernier en tant qu'équipe « client »). De quoi se mettre cette Gen2 bien en main : « Les fondamentaux du pilotage restent les mêmes, précise le champion en titre, mais il y a effectivement pas mal de différences au niveau des accélérations, des freinages, de la récupération d'énergie. » Pour André Lotterer, cette nouvelle monture est plus équilibrée : « Je la trouve plus connectée entre l'avant et l'arrière. Le freinage est plus facile, plus contrôlé, grâce au brake by wire. Après, il y a un certain nombre de paramètres aléatoires comme le niveau de grip qui viennent perturber un peu la programmation initiale et c'est sur ces points que va se faire la différence entre un bon système et un moins bon. » « C'est à double tranchant, réplique Jean-Eric Vergne à propos du brake by wire. Si le système bugge, le pilote ne peut pas faire grand-chose ! »

### De la course à la série ?

Il est, en revanche, un détail que Jean-Eric Vergne apprécie sans réserve, c'est le gain d'autonomie de cette nouvelle génération : « Les changements de voitures à mi-course ne vont pas me manquer !, confesse-t-il. Il m'est déjà arrivé de me retourner le pouce et de m'ouvrir le genou lors de cette opération ! Habituellement, pour un pilote, c'est le départ le moment le plus stressant de la course.

En FE, c'était lorsqu'on revenait au stand à fond avec quasiment plus d'énergie, sans système de récupération et avec tous les freins qui partaient à l'avant. C'était un moment de stress intense. Je suis content de ne plus avoir ça, même si c'était sympa pour le sport. » L'augmentation de la puissance est, elle aussi, très sensible : « Avec 250 kW en qualif sur de tels circuits, ça va commencer à faire peur !, reconnaît J.-E.V. Déjà que j'avais plus peur en FE à 200 kW que lors d'une qualif en F1. Tous ceux qui ont roulé en F1 sont d'accord avec moi : entre le système de freinage, les bosses, le fait de n'avoir que deux tours pour préparer le tour de qualif, ce n'est vraiment pas simple ! Avec 25 % de puissance en plus, ça va être chaud ! » Surtout que, durant la course, tous les pilotes disposeront d'un « attack mode » de 225 kW à utiliser sur quelques tours, façon Mario Kart ! Avec une seule voiture à leur disposition, au lieu de deux, les pilotes n'auront plus droit à la moindre erreur lors des essais libres. Et il faudra être d'autant plus vigilant qu'il y aura 22 voitures en piste (24 en saison 6) au lieu de 20 jusque-là. « C'est sûr, certains circuits vont commencer à être un peu courts... », confirme Jean-Eric Vergne. A n'en pas douter, la formule E génération 2 a fait un pas de géant. Contribue-t-elle pour autant à faire avancer la mobilité électrique ? Après tout, les progrès impressionnants de la nouvelle batterie ne font que bénéficier des avancées de l'industrie... « C'est vrai, reconnaît Xavier Mestelan-Pinon. En revanche, pour le reste,

la formule E est en avance par rapport à la série alors que ces dernières années, les réglementations très restrictives ne permettaient plus à la compétition de faire progresser la production. Personne ne va prendre un composant de FE pour le mettre dans une voiture de série. Ce ne serait pas possible en termes de coûts. En revanche, les systèmes utilisés seront les mêmes. D'autant que les caractéristiques des moteurs que nous utilisons en FE sont proches de ceux que l'on trouvera dans les modèles de série. Les champs d'action sont très importants et je suis même étonné qu'ils soient aussi larges. » « Typiquement, les progrès enregistrés en formule E dans le domaine des onduleurs font progresser les technologies pour la série », renchérit Thomas Chevaucher. Les onduleurs – aussi appelés inverters – sont les dispositifs qui transforment le courant continu en courant alternatif. « Avec la formule E Gen2, la tension passe de 700 V à 900 V, poursuit l'ingénieur. En série, la tension n'est que de 400 V car il était difficile jusque-là de trouver des composants qui supportaient une tension supérieure. Or, les matériaux utilisés en FE vont bientôt pouvoir être déclinés en série et la tension pourra alors plus facilement passer à 700 V. Cela entraînera une amélioration directe du rendement et de l'autonomie. »

Pas étonnant que les constructeurs se bousculent au portillon ! Après Renault, l'indien Mahindra, DS, Jaguar, Audi et les spécialistes de la mobilité électrique que sont Venturi, NIO et Future Faraday, la liste s'allonge. Pour cette saison 5, Nissan prend ainsi le relais de Renault (toujours avec l'équipe eDAMS), alors que BMW s'engage enfin à visage découvert en attendant l'arrivée officielle, fin 2019, de Porsche et Mercedes (déjà en repérages officiels dès cette saison 5 à travers la nouvelle équipe HWA). Bien sûr, avec une telle liste d'engagés, les batailles vont faire rage sur la piste... et en dehors. L'inflation des budgets est un risque non négligeable mais les organisateurs de la formule E, avec leur approche limitant drastiquement les aires de liberté technique, tiennent vraisemblablement le moyen d'éviter des dérapages trop incontrôlés... Espérons-le. ●



### TECHNIQUE

#### BATTERIE

Fournisseur : McLaren Applied Technologies (vs Williams Advanced Engineering sur Gen1) Type : Lithium, 209 cellules (vs 165 sur Gen1) Position : derrière le pilote, intégrée dans la cellule de survie du châssis (structure porteuse sur Gen1) Energie : 54 kW/h (vs 28 kWh sur Gen1) Tension : 900 V (vs 700 V sur Gen1) Poids : 385 kg (vs 300 kg sur Gen1)

#### GROUPE PROPULSEUR

Moteur électrique : développé avec un partenaire extérieur Puissance maxi : 250 kW en qualif (340 ch) (vs 200 kW sur Gen 1), 200 kW en course (271 ch) (vs 180 sur Gen1) et 225 kW (305 ch) en “attack mode”. Boîte de vitesse : DS à 1 rapport Puissance de régénération en course : 250 kW (vs 150 kW sur Gen1)

#### CHÂSSIS

Conception : Spark avec Dallara, en fibre de carbone Suspension AV/AR : standard/spécifique DS Freins AV/AR : disques ventilés en carbone Brembo (278/263 mm), contrôle électronique des freins à l'arrière (vs répartition mécanique sur Gen 1) Pneus AV/AR : Michelin Pilot Sport EV polyvalent pluie/sec. (245 x 40 R 18/305 x 40 R 18) L - l - h : 5 160 - 1 770 - 1 050 mm Empattement : 3 100 mm Voie AV/AR : 1 553 mm/l 505 mm Garde au sol : 75 mm Poids : 900 kg