

## E-TEC : un deux-temps propre, économique et convivial

Texte Michel Garneau

Regardons les choses en face. Les experts de l'industrie, les extrémistes environnementaux et, en fait, un nombre croissant de motoneigistes, semble-t-il, ont prédit la fin du moteur à deux temps depuis un certain temps déjà. Après tout, comment peut-on espérer qu'un moteur qui brûle véritablement son huile puisse être conforme aux nouvelles normes d'émissions de gaz d'échappement? Tout le monde sait que les deux-temps génèrent de la fumée, sentent mauvais et qu'ils sont des bêtes peu fiables qui connaîtront sûrement le même destin que les dinosaures, prétendent-ils avec assurance et une certaine jubilation. Ont-ils raison?



### Injection directe 101

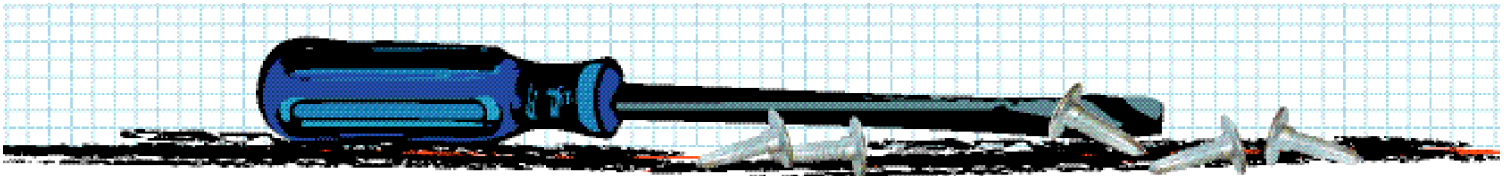
Au cours des dernières années, les motoneigistes se sont familiarisés avec le concept de base de moteurs à deux temps à injection qui brûlent plus proprement. Nous ne parlons pas ici des systèmes à injection monopoint plus traditionnels tels que le système BEFI utilisé par Arctic Cat (dans lequel l'injecteur remplace pratiquement le carburateur), mais plutôt de ce qu'on appelle des systèmes à injection «semi-directe» utilisés en premier par Ski-Doo

sur leurs 2-TEC et ensuite par Polaris sur leurs moteurs Cleanfire. Dans ces applications, de l'air seulement est introduit dans le moteur par le canal d'admission normal et le carburant est injecté dans le cylindre par les injecteurs (montés à l'intérieur ou près de la lumière de transfert) le plus tard possible, juste avant la fermeture de l'orifice, réduisant ainsi considérablement les émissions de gaz non brûlé par l'échappement, ce qui constituait le principal point faible des moteurs à deux temps traditionnels.

Ce type de systèmes nettoie les émissions (surtout les hydrocarbures non brûlés) à tel point que les moteurs équipés de ce genre de systèmes peuvent rencontrer les normes actuelles de l'EPA (ou, plus précisément, contribuer de manière «positive» à la conformité de l'ensemble des véhicules produits par chacun des fabricants). Cependant, il reste à voir si ces systèmes pourront être conformes aux normes plus sévères qui devraient être en vigueur après 2010. Ces nouvelles normes sonneront-elles le glas des deux-temps comme beaucoup voudraient vous le faire croire?

Pas tout à fait. Voici qu'entre en jeu l'injection directe. Avec ce type de systèmes, le carburant est injecté dans le cylindre une fois que l'orifice d'échappement est complètement fermé. Cela signifie qu'il ne peut y avoir aucune fuite de carburant non brûlé dans l'échappement. Le résultat final, en théorie, c'est un moteur qui conserve pratiquement tous les avantages traditionnels des deux-temps (soit une simplicité relative, une légèreté, une friction et des coûts de fabrication moindres, des exigences d'entretien peu élevées et une puissance accrue) tout en étant extrêmement propre et économe en carburant. Pourquoi alors, demanderez-vous, ne voit-on pas plus de moteurs à injection directe sur les véhicules motorisés?

Il y a plusieurs raisons bien que la plupart d'entre elles soient liées à un manque au niveau de la recherche et du développement. Essentiellement, la plus grande partie de l'argent investi dans la mise au point de moteurs est consacrée aux quatre-temps, le moteur par excellence pour les automobiles. Cela a manifestement contribué à leur



utilisation dans d'autres secteurs, y compris dans celui des motoneiges, mais au détriment d'autres types de moteurs (y compris les diesels). Un exemple de cela, c'est la contrainte technologique et matérielle en matière de technologie d'injection disponible.

De fait, un moteur à injection directe nécessite que le carburant ne soit injecté dans le cylindre qu'après que le piston ait bouché l'orifice d'échappement, mais avant l'étincelle de la bougie. À des fins d'illustration, pensez au point mort haut (PMH), mais en pratique ça doit être avant à cause de l'avance à l'allumage (qui, pour compliquer les choses, augmente avec le nombre de tours par minute pour donner assez de temps à la flamme de se déplacer et de brûler tout le mélange d'air et de carburant emprisonné). Par conséquent, le temps d'injection est « comprimé » par deux facteurs : la vitesse du piston (ou du moteur) et l'avance à l'allumage qui augmente. Donc, il va sans dire que la fabrication d'un moteur à injection directe capable de générer le type de régime-moteur nécessaire pour produire une puissance convenable requiert un système d'injection très rapide et précis.

est situé dans le col annulaire d'un puissant aimant et son mouvement de va-et-vient est activé par le changement de polarité créé par une impulsion (c.-à-d. que les pôles contraires s'attirent tout comme les pôles identiques se repoussent). La faible inertie permet un temps de réaction rapide et lui permet de fonctionner à des vitesses supérieures à 10 000 tours par minute (lors des essais). Cela permet aussi à l'injecteur de décharger plus de carburant dans une impulsion d'injection plus courte.

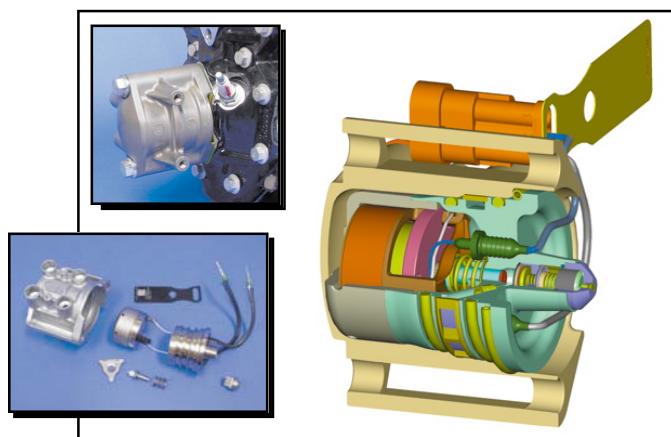
### Est-ce que ça sera stratifié ou homogène?

Stratifié ou homogène? Hein? Ces concepts sont vraiment assez simples, alors commençons avec quelque chose que nous connaissons déjà et avec lequel nous sommes familiers : la charge homogène. Cela fait référence au mélange uniforme (homogène) d'air et de carburant que nous retrouvons habituellement dans les moteurs à combustion interne, qu'ils soient carburés ou à injection de carburant. Cela signifie essentiellement que les gouttelettes microscopiques de carburant sont réparties uniformément dans l'air qui se trouve dans le cylindre.

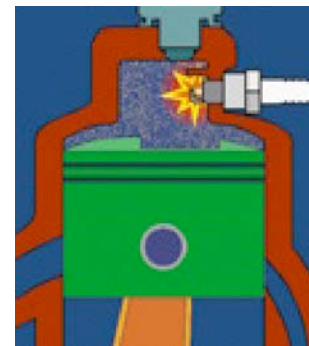
### Réparer le Ficht : du haut-parleur à l'injecteur

Les premiers moteurs Evinrude à injection directe de technologie Ficht, bien qu'ils constituaient un important pas en avant comparés aux deux-temps traditionnels, présentaient des déficiences au début, soit des problèmes de fiabilité et des injecteurs bruyants. Ils étaient aussi handicapés par un plafonnement relativement bas du régime-moteur d'environ 6 500 tours par minute imposé par la capacité limitée des injecteurs à faire leur travail dans les très courts laps de temps disponible au-dessus de ce régime-moteur. La solution, pour fabriquer un meilleur moteur à injection directe, résidait donc dans la mise au point d'un injecteur plus rapide, silencieux, polyvalent et efficace.

Voici qu'entre en jeu le E-TEC. Son cœur est constitué d'un nouvel injecteur high-tech breveté (une des nombreuses composantes brevetées de ce moteur) qui injecte sa charge de carburant en deux fois moins de temps que les systèmes à injection directe traditionnels.



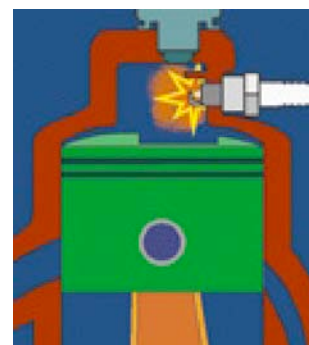
Alors que l'injecteur du Ficht fonctionne sur la base d'un noyau de fer mobile dans un solénoïde électrique, le nouveau E-TEC utilise un principe bien connu des audiophiles. Essentiellement, le moteur d'entraînement est une « bobine acoustique » ou une bobine de fil légère libre de se déplacer sur un axe (mouvement de va-et-vient). Il



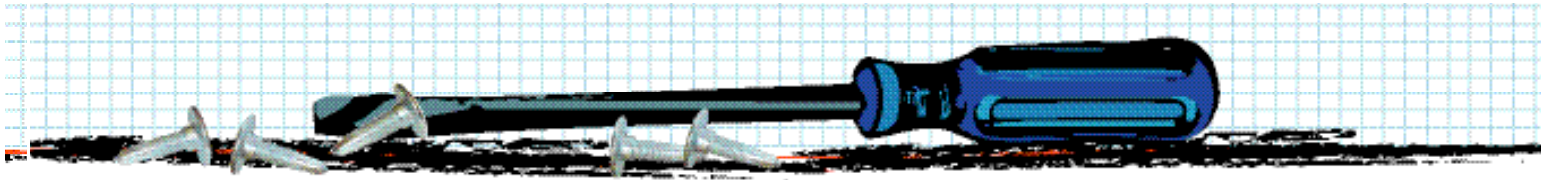
Charge homogène.

Ça brûle de manière efficace, car les gouttelettes de carburant sont tellement minuscules qu'un maximum de leur surface est exposé aux molécules d'oxygène environnantes, assurant ainsi une combustion plus efficace et plus complète. Comme nous le savons tous, une combustion plus efficace et plus complète veut dire plus de puissance et moins d'émissions. On a démontré que ce type de charges était idéal pour des conditions de travail et de vitesses moyennes à élevées.

Si une charge homogène est un mélange uniforme, une charge stratifiée (ou non homogène) est le contraire.



Charge stratifiée.



Autrement dit, le carburant et l'air ne sont pas parfaitement mélangés. Dans le cas du moteur E-TEC, une charge stratifiée est donc une charge dans laquelle les gouttelettes de carburant ne sont pas réparties uniformément dans l'air se trouvant dans le cylindre et c'est là un élément-clé du succès du E-TEC.

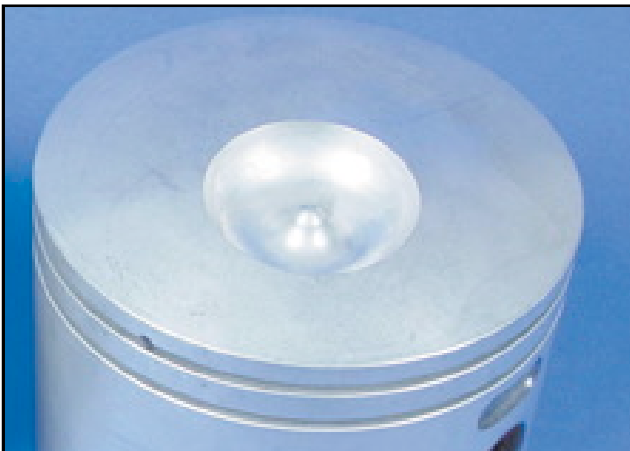
Dans ce cas, en conditions de faible charge et de faible vitesse du moteur, le carburant est injecté en gouttelettes relativement grosses à proximité de l'électrode de la bougie au moment précis où l'étincelle jaillit («combustion guidée par jet»).



Positionnement de l'injecteur dans la chambre de combustion. Veuillez noter que l'écartement des électrodes est indexé pour faire face à l'injecteur (afin d'assurer une combustion plus efficace en mode stratifié).

Ce type de charges fournit beaucoup d'air pur pour une meilleure combustion et permet d'utiliser des mélanges ultra-pauvres (un ratio air-carburant de 60 pour 1 comparativement au ratio de 15 pour 1 plus typique). Il en résulte une combustion plus complète (des émissions de CO plus faibles), moins de gaz non brûlés (des émissions de HC plus faibles), un ralenti plus doux (pas de fluctuation de la vitesse fréquemment associés aux moteurs à deux temps) et une efficacité optimale du carburant.

Le moteur E-TEC a des composantes et des capacités uniques qui lui permettent de fonctionner en mode stratifié. Les pistons, par exemple, sont dotés d'un moulage à forme conique dans la calotte qui contribue à amplifier la stratification à bas régime en redirigeant la charge de carburant vers la bougie pour une combustion optimale.



Le système E-TEC détecte aussi quand il faut changer le nombre de gouttelettes allant dans la chambre (selon les besoins du moteur) et est capable de faire varier la taille de celles-ci (par exemple, en fournissant de plus grosses gouttelettes pour refroidir la calotte chaude), ce qui procure une efficacité du carburant et une fiabilité exceptionnelles.

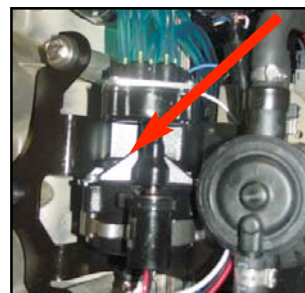
Enfin, comme il est préférable que le moteur ne fonctionne pas continuellement en mode stratifié, la conception de l'injecteur est unique en offrant la flexibilité d'alterner entre les modes stratifié et homogène. Quel est donc alors le point précis d'alternance? À vrai dire, les ingénieurs préfèrent parler d'une zone d'alternance plutôt que d'un point, car le module électronique de gestion du moteur («EMM» en anglais) détermine le point précis d'alternance selon la position du papillon des gaz et la charge du moteur (calculée en comparant le nombre de tours par minute à la position du papillon), bien que cela se produise normalement aux environs de 3 000 tours par minute.

### Les ABC du E-TEC

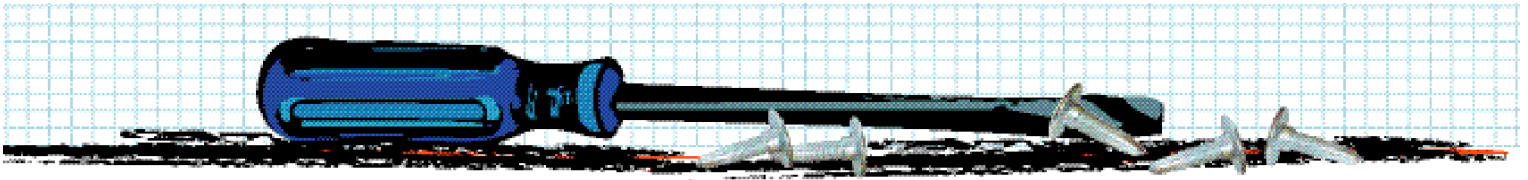
Le moteur E-TEC a plusieurs caractéristiques innovantes, certaines imposées par la manière dont le moteur est conçu, d'autres mises au point pour augmenter la fiabilité ou pour faciliter la tâche de l'utilisateur. La lubrification est assurée par le système d'autolubrification du E-TEC qui élimine le mélange de l'huile et du carburant, ce qui n'a rien de révolutionnaire en soi. Cependant, grâce à leur combinaison de circuit d'huile sélectif, de lubrification directe des bielles et de pompe à huile électronique, les moteurs E-TEC consomment moins d'huile que la génération précédente de moteurs à injection directe (50 % moins) ou que les deux-temps classiques (75 % moins).



L'utilisation d'une pompe électronique permet aussi de programmer le taux d'alimentation en huile selon le type d'huiles utilisé.



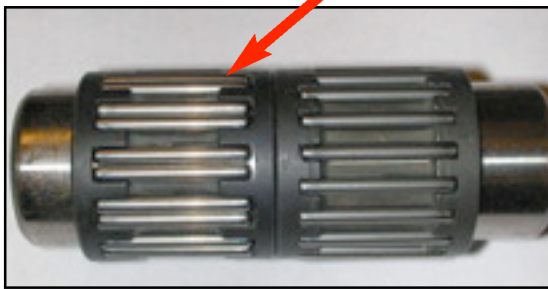
Par exemple, on peut reprogrammer la pompe d'un moteur qui fonctionnera exclusivement avec de l'huile totalement synthétique de sorte qu'il n'utilisera que 50 % de ce qu'il utiliserait si c'était strictement de l'huile minérale. Cette réduction spectaculaire d'alimentation



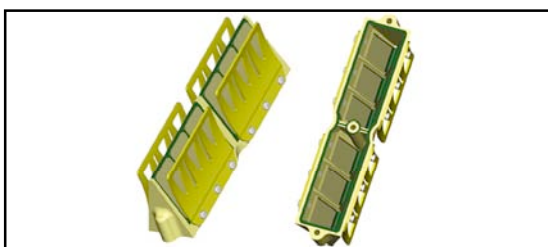
en huile, combinée à une combustion remarquablement efficace, se traduit par un moteur sans fumée et aussi propre ou plus propre qu'un quatre-temps comparable. Rappelez-vous que l'huile (comme l'essence) est un hydrocarbure et quand elle est complètement brûlée, elle génère du CO<sub>2</sub> et de la vapeur d'eau (mêmes sous-produits que la combustion d'essence). La plupart des deux-temps génèrent de la fumée parce qu'ils ne peuvent reproduire les conditions de combustion nécessaires pour assurer une combustion complète de l'huile, mais le moteur E-TEC évolué le peut et, ce faisant, ne génère aucune fumée.

Bombardier a intégré un piston pleine jupe amélioré qui diminue le son de «claquement du piston», un son qu'on retrouve sur les quatre-temps typiques (résultant de leur piston sans jupe plus léger). Ils ne se sont pas arrêtés là cependant, car ils ont choisi de les fabriquer avec un nouvel alliage spécial d'aluminium et de silicium connu sous le nom de MSFC-398 (mis au point par la NASA). Cet alliage, dont les propriétés sont pratiquement identiques à celles des alliages réguliers, est près de trois fois plus résistant à la température de fonctionnement. Sa structure moléculaire, qui comprend de nombreuses particules de silicium très dures, est plus résistante au mouvement typique des couches d'atomes de métaux se dépassant les unes les autres.

Les pistons sont aussi dotés de deux segments pour améliorer l'étanchéité et le refroidissement (transfert de chaleur). Enfin, des paliers à rouleaux en cage doubles (comprenant une paire de rouleaux par ouverture de cage se traduisant par 30 % plus de capacité de charge que les paliers à rouleaux en cage simples) sont utilisés pour améliorer la durabilité et la durée de vie.



Les parois du cylindre, quant à eux, sont en fer et ont subi un procédé de pierrage de cylindre au nitrate de bore. Cela contribue à empêcher le métal de plier pendant le pierrage. Le résultat final est l'exposition de poches de graphite dans le fer qui assurent une meilleure rétention de l'huile, d'où une lubrification améliorée. Du côté de l'admission, les moteurs utilisent des blocs massifs de lames à 12 pétales pour une réponse et un débit d'air impressionnants. Les lames sont en acier inoxydable et sont logées sur des blocs recouverts de caoutchouc pour une durabilité à long terme.

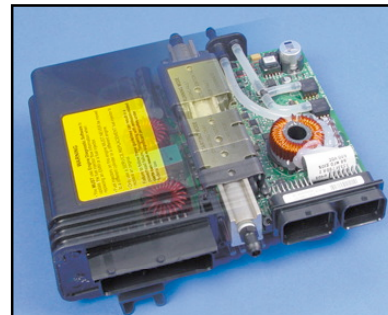


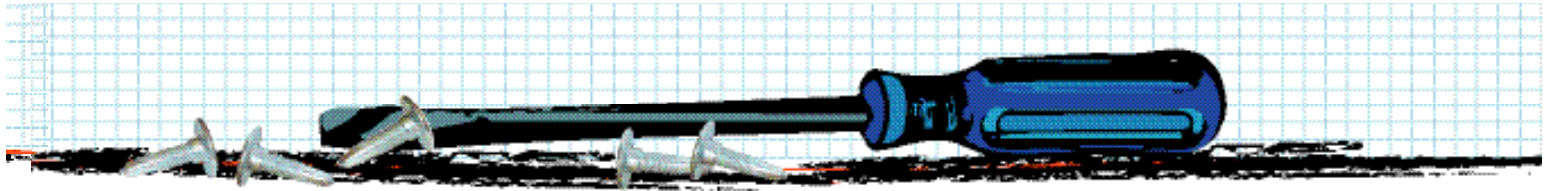
Pour assurer un démarrage rapide et fiable chaque fois, les moteurs E-TEC démarrent en mode stratifié et sont équipés d'un système «démarrage assuré» conçu pour un démarrage en une seule révolution. Pour y arriver, le module de gestion du moteur (EMM) produit non seulement un voltage plus élevé, mais aussi plus d'étincelles (grâce à sa capacité d'étincelage multiple) pour garantir un démarrage immédiat libéré de la traditionnelle période «d'imbibition» (ce qui veut pratiquement dire inonder le moteur de carburant jusqu'à ce que le cylindre soit humide et que le mélange s'allume). Comme avantage supplémentaire, le démarrage est bien plus propre (moins de pollution et de fumée) qu'avec un moteur non stratifié. Une fois que le moteur tourne, le circuit de régulation du ralenti prend la relève et ajuste soigneusement l'alimentation en carburant pour assurer un ralenti en douceur et constant. Bien que cela ait l'air tout à fait normal, il n'en est rien.

Dans un moteur ordinaire (non stratifié), le ratio air-carburant doit demeurer constant à 15 pour 1; donc, ajouter plus de carburant signifie automatiquement ajouter plus d'air et vice versa. Dans un moteur stratifié, l'alimentation en carburant et le volume d'entrée d'air sont indépendants l'un de l'autre. En réalité, un moteur E-TEC peut fonctionner sans plaque d'accélérateur ou papillon (en mode stratifié), car le facteur déterminant pour le régime-moteur n'est pas la quantité d'air entrant dans le moteur, mais plutôt le volume de carburant injecté. Par conséquent, peu importe l'ouverture du papillon, la vitesse du moteur sera toujours déterminée par la quantité de carburant. Vous voulez augmenter la vitesse du ralenti? Donnez-lui plus de carburant. Vous voulez la réduire? Réduisez l'alimentation en carburant. Comme vous pouvez le constater, le module de gestion du moteur (EMM) peut ajuster facilement et avec précision le régime-moteur au ralenti en modifiant seulement l'action de l'injecteur, ce qui procure un niveau de régularité sans égal au ralenti.

Passons au système de refroidissement. Les deux-temps à injection directe et semi-directe font face à un défi particulier en ce qui concerne le refroidissement du carter de moteur. À la différence d'un deux-temps ordinaire, qui dépend jusqu'à un certain point du carburant qui entre dans le carter pour le refroidissement, les moteurs à injection directe et semi-directe ne reçoivent que de l'air et doivent donc avoir recours à d'autres sources de refroidissement. Ce problème a été résolu en optant pour un carter à refroidissement par liquide.

Nous avons déjà parlé de certaines des nombreuses fonctions du module de gestion du moteur (EMM) et nous poursuivrons notre examen de ce processeur remarquable.

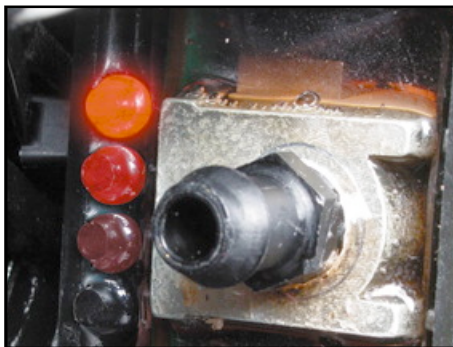




Pour commencer, sa construction est unique, car il utilise une carte de circuit imprimé de dix couches, ce qui lui permet de gérer à la fois les signaux à haute intensité de courant et à faible voltage, du jamais vu jusqu'à maintenant. Dire que c'est le cerveau du E-TEC est en dessous de la vérité, car il contrôle tous les circuits, composants et paramètres suivants : l'allumage (aussi bien la courbe de synchronisation que la force et le nombre d'étincelles produites par le système à étincelage multiple), l'injection de carburant (la distribution et la quantité), l'alternateur et le circuit de charge, la pompe à huile, la pompe à carburant, les jauges (l'utilisation d'un réseau de zone réglé permet de lire tous les paramètres de fonctionnement du moteur sur des jauges externes) et le système d'injection d'eau (injecte de l'eau dans le flux d'échappement pour modifier la température du gaz et, par conséquent, modifier les caractéristiques de la courbe de puissance) sur certains modèles.

Maintenant, comme vous pouvez l'imaginer, la gestion de toutes ces tâches exige l'entrée de données et ici encore la liste est longue: le régime-moteur, la position du papillon, la position du vilebrequin (précise à un degré près!), la contre-pression à l'échappement (puisque l'orifice d'échappement est submergé), la pression atmosphérique, la tension de la batterie, le circuit d'huile (le niveau et la pression), la température du moteur et de la culasse, la position de la clé de contact et même sa propre température interne! Comme si cela n'était pas suffisant, les ingénieurs d'Evinrude ont doté le module de gestion du moteur (EMM) de plusieurs caractéristiques intéressantes, y compris la capacité d'emmagasiner et de conserver toutes les données même si la batterie est débranchée.

Une autre de ces caractéristiques est l'ajout d'un dispositif d'auto-entreposage qui injecte de l'huile dans les cylindres et désactive l'allumage, ce qui rend l'entreposage économique et simple pour l'utilisateur. De plus, pour protéger le moteur en cas d'absence d'huile ou de défaillance du système de lubrification, un mode de fonctionnement spécial appelé SAFE («Speed Adjusting Failsafe Electronics») permet au moteur de tourner jusqu'à dix heures d'affilée à régime-moteur limité. Cette caractéristique ingénieuse vous permettra non seulement de rentrer à la maison, elle préviendra aussi des dommages coûteux à des composants cruciales.

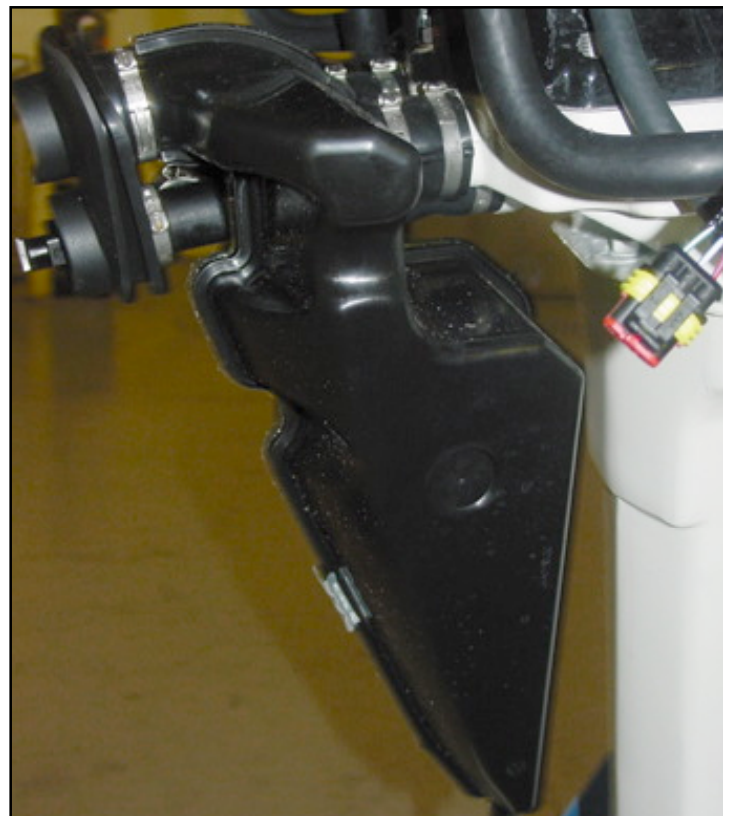


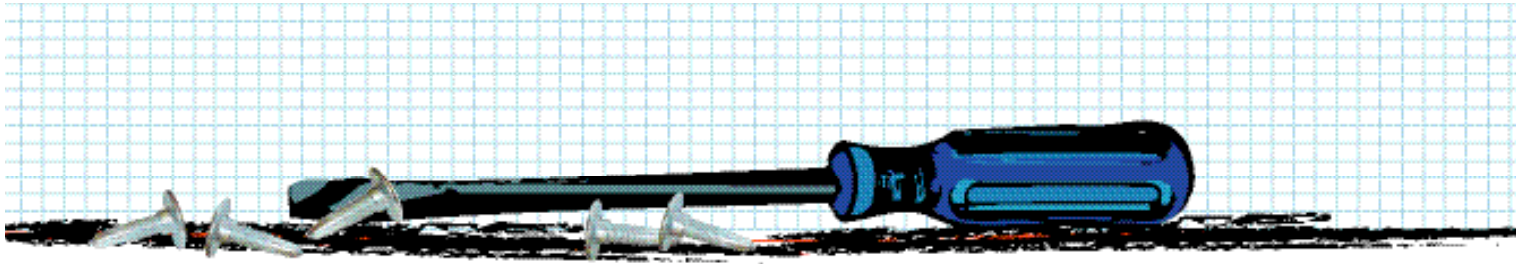
Le module de gestion du moteur permettra aussi au propriétaire un rodage simple et sans tracas en augmentant automatiquement l'apport en huile pendant les premières heures de fonctionnement. L'ordinateur, en

tenant compte des heures et des conditions de fonctionnement, réinitialisera automatiquement l'alimentation en huile au taux normal quand une période de temps de fonctionnement suffisante sera écoulée. Enfin, un panneau numérique de diagnostic surveille le moteur et des voyants lumineux faciles à voir avisent l'utilisateur de toute vérification à faire.

Un coût abordable et un entretien simplifié étaient aussi des objectifs-clés pour l'équipe qui a conçu le moteur E-TEC. Les coûts d'entretien peuvent grimper rapidement et, à cet égard, le E-TEC a un avantage net et évident sur ses concurrents à quatre temps. Ainsi que nous l'avons dit plus tôt, l'auto-entreposage signifie aucune hivernisation chez le concessionnaire ou mise au point au printemps. Aussi, il n'y a pas de courroies, de valves, de comes ou de pompes à huile mécaniques à vérifier ou à remplacer. De plus, on n'a pas besoin de vidanger l'huile, ce qui ajoute aux économies en changements d'huile et de filtres. Une nouvelle bougie d'allumage à double platine est conçue pour durer 300 heures avant qu'on ait besoin de la remplacer.

Les circuits d'admission et d'échappement ont été équipés de résonateurs Heimholtz spéciaux. Ces derniers sont essentiellement des «chambres sonores» accordées tout spécialement pour réduire les émissions sonores à certaines fréquences-clés, ce qui donne un moteur plus silencieux. Le résultat final de cet effort, c'est un moteur aussi silencieux que ses rivaux à quatre temps. Du côté de l'échappement, les moteurs E-TEC actuels ne sont pas encore équipés de la technologie de hauteur d'échappement variable (c.-à-d. de valves RAVE), mais cela est sûrement considéré comme une option dans l'avenir.





## Des données solides

Les données sur les émissions démontrent clairement que le moteur E-TEC est une énorme réussite. Pour commencer, il est conforme aux normes de l'EPA pour 2006, à celles de l'Union européenne et aux normes pour 2008 d'ultra-faibles émissions trois étoiles du CARB (California Air Resources Board) pour les moteurs hors-bord. Le E-TEC a aussi été désigné par le CARB comme étant la «meilleure technologie offerte sur le marché», appui vraiment important étant donné le mépris de longue date affiché par le CARB pour tout ce qui est deux-temps. Le E-TEC est aussi le premier et le seul moteur hors-bord à remporter le prestigieux «Clean Air Excellence Award» de l'EPA (US).

Les données fournies par BRP indiquent que les émissions de monoxyde de carbone (un gaz toxique) du E-TEC sont en général de 30 à 50 pour cent plus faibles que celles d'un moteur à quatre temps similaire et, au ralenti, de 50 à 100 fois plus faibles, ce qui est considérable. De plus, le circuit de carburant étanche réduit au minimum les émissions par évaporation. Enfin, BRP soutient que la température de combustion est en moyenne d'environ 25 degrés Celsius plus basse que dans un deux-temps traditionnel à mélange carburé. Cela devrait se traduire par des émissions encore plus faibles d'oxyde d'azote (NOx, une des principales composantes du smog), un domaine dans lequel les deux-temps ont déjà un avantage assez considérable sur les quatre-temps.

Pour ce qui est de la consommation de carburant, les tests publiés démontrent clairement que le moteur E-TEC est au moins aussi efficace que les quatre-temps concurrents. Cela ne devrait pas surprendre nos lecteurs, car Kevin Cameron a clairement déclaré (dans la chronique Atelier du mois dernier) qu'un deux-temps à injection directe peut atteindre des résultats de consommation de carburant égaux ou même supérieurs à ceux du quatre-temps.

Un domaine dans lequel les deux-temps tirent de l'arrière sur les quatre-temps, c'est la régularité du moteur, en particulier à basses vitesses (surtout au ralenti). Ici encore, le moteur E-TEC change les règles. La régularité du ralenti peut être mesurée en utilisant une unité connue sous le nom de covariance de pression moyenne effective indiquée (cov de PME). En termes simples, cela mesure l'écart dans le temps de la pression dans le cylindre (ou les cycles de combustion). Cette donnée peut être utilisée pour établir le «pattern» d'un cylindre en particulier sur une période de temps donnée ou pour comparer deux cylindres ou plus. Un deux-temps typique a une cov de PME de plus de 30% (une indication de grande variabilité entre les cycles de combustion, d'où la relative instabilité du régime-moteur au ralenti), alors que les quatre-temps sont généralement plus réguliers avec un taux d'environ 10 %. Le moteur E-TEC, quant à lui, affiche généralement des résultats de l'ordre de 5 %. Cela veut dire qu'il y a très peu de variation entre les temps de combustion de chacun des cylindres et c'est la recette pour assurer la régularité d'un moteur.

La sagesse populaire veut que les quatre-temps aient des courbes de puissance réelle aplaties alors que celles des deux-temps sont pointues. Quand nous avons discuté de

cela avec les ingénieurs d'Evinrude, on nous a dit que le problème avec cette théorie c'est que les quatre-temps utilisés pour rivaliser avec les deux-temps ont généralement le luxe d'avoir un avantage de cylindrée assez considérable (variant généralement de 40 à 100%). Essentiellement, on se retrouve avec un petit deux-temps hautement calibré (avec une courbe de puissance en pointe) comparé à un quatre-temps beaucoup plus gros et légèrement calibré (et sa courbe de puissance aplatie). Quand les deux moteurs sont calibrés pour des rendements similaires et spécifiques (mesurés en CV/litre), on nous a dit que le deux-temps a un avantage significatif à toutes les vitesses du moteur, surtout à mi-régime.

## Bientôt chez un concessionnaire près de chez vous?

Alors, vous vous demandez : «Quand pourrai-je acheter une motoneige équipée d'un moteur E-TEC?» Malheureusement, personne chez Ski-Doo (y compris les membres de la direction) n'est tout à fait prêt à répondre à cette question en ce moment. Évidemment, à la différence des moteurs de bateaux qui fonctionnent habituellement dans une plage de température relativement étroite et toujours au-dessus du point de congélation, les motoneiges peuvent être appelées à fonctionner à des températures extrêmes (c.-à-d. glaciales) et cela serait considéré comme un problème. Mais, encore une fois, personne n'ose se prononcer sur cette question.

Qu'en pensons-nous? D'abord, du point de vue des affaires (et de la rentabilité des investissements), il est tout à fait invraisemblable que BRP freine cette technologie et limite son usage aux seuls moteurs de bateaux, étant donné tout le potentiel que représente cette technologie pour la motoneige (et autres). Cela dit, nous croyons qu'on trouvera des motoneiges dotées d'un moteur E-TEC chez les concessionnaires dans un avenir plus ou moins rapproché. Après tout, il y a quelques années à peine, le rêve de fabriquer un moteur à injection directe tournant à 10 000 tr/min semblait irréalisable; on sait maintenant que BRP a mis à l'essai des modèles fonctionnels de moteurs semblables utilisant la nouvelle technologie d'injecteur. Au bout du compte, c'est la technologie et les forces du marché qui détermineront le moment où vous pourrez aller chez votre concessionnaire pour acheter votre propre Ski-Doo E-TEC. Il est fort à parier que ce moment ne sera pas si lointain.

Alors, est-ce la fin du deux-temps? Il semblerait que non.

**Prochain numéro :** Le mois prochain, nous examinerons en profondeur le Clean Snowmobile Challenge, une compétition annuelle qui regroupe plusieurs étudiants en ingénierie des universités nord-américaines et qui les met au défi de fabriquer des motoneiges plus silencieuses et plus économes en carburant, et ce, tout en fournissant une performance respectable. Voyez ce que vous réservent nos futurs ingénieurs.