

AU SUJET DES FREINS

Pour paraphraser une expression connue, tout ce qui accélère doit ralentir. Tellement de temps, d'énergie et d'efforts sont consacrés à apprendre ce qui fait aller les motoneiges que nous avons jugé approprié de nous concentrer davantage sur ce qui les fait ralentir et s'arrêter de façon sécuritaire. Nous sommes donc heureux de vous présenter ce survol des systèmes de freinage par Kevin Cameron, véritable as de la technologie qui fera la lumière sur ces composants critiques que nombre d'entre nous ne prennent que trop pour acquis. Bonne lecture.

Les voitures (et les motoneiges) d'aujourd'hui sont généralement dotées de freins efficaces, mais je suis assez vieux pour me rappeler l'époque où cela n'était pas le cas. Les touristes qui descendaient Whiteface Mountain dans l'État de New York arrivaient parfois au poste de péage avec des freins qui fumaient en raison de toute l'énergie qu'ils avaient absorbée.

Il est clair qu'un véhicule descendant une montagne exige des freins capables de dissiper l'énergie relâchée dans la descente. Les freins à tambour ont disparu des véhicules automobiles vers 1970, car il était plus facile et moins coûteux de construire des freins efficaces et durables sous forme de disque. En effet, lorsqu'un frein à tambour se dilate en raison de la chaleur de freinage, il s'éloigne des sabots de friction internes en plus de se dilater davantage de son côté ouvert que de son côté fermé. Il est donc deux fois plus difficile d'assurer un contact complet avec les sabots de friction. Par contre, un disque de frein correctement monté ne se déforme pas lorsque la chaleur le dilate et ne peut pas s'éloigner des plaquettes puisqu'elle sont pressées contre lui des deux côtés par l'étrier. En outre, les deux surfaces du disque étant exposées à l'air ambiant, le refroidissement est également supérieur à celui d'un tambour.

NATURE DE LA FRICTION

Lorsque deux surfaces sont en contact, même des surfaces semblant très lisses, seule une toute petite proportion de leurs superficies sont effectivement en contact. À mesure que les deux surfaces solides sont pressées l'une contre l'autre, leurs superficies de contact véritable augmentent en proportion plus ou moins directe de la force appliquée.

Puisque les superficies de contact véritable sont si petites, la pression locale y est très élevée. Lorsqu'une surface glisse sur l'autre, la résistance de friction au mouvement augmente en raison de micro-soudures au niveau de ces superficies de contact intenses. Les zones soudées sont étirées de façon élastique à mesure que le glissement continue, produisant des forces qui s'opposent à celui-ci. La friction constitue la somme de ces forces. Les zones soudées finissent par atteindre leurs limites d'élasticité et les soudures se brisent uniquement pour se reformer ailleurs. Ce processus entraîne l'arrachement de matières des deux surfaces. Ces particules d'usure prennent la forme d'une poussière limitant davantage les superficies de contact véritable. Les vibrations, l'étirement élastique et le bris constants des liens du matériau qu'entraîne le processus de soudure et de fracture constituent la chaleur, une vibration moléculaire. Ainsi, une friction

solide sèche transforme l'énergie mécanique – la force agissant à distance exigée afin de produire un glissement entre les surfaces du frein – en énergie thermique.

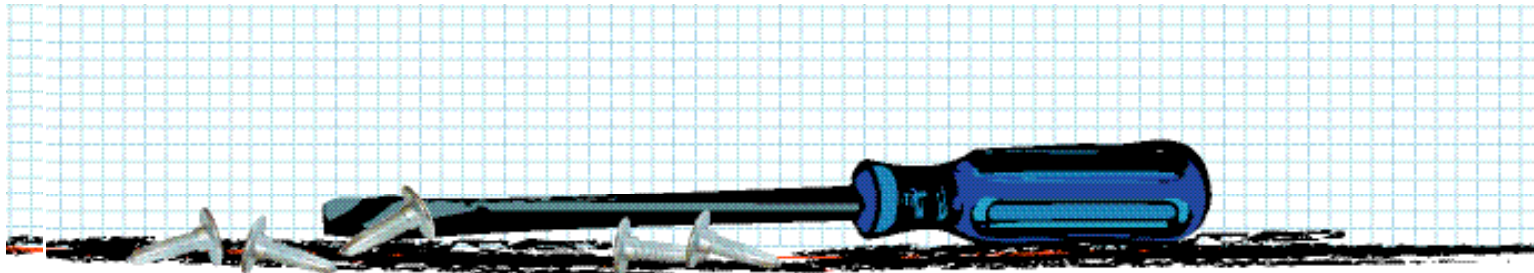
HYDRAULIQUE 101

De simples freins à disque ont été conçus en utilisant un mécanisme de ciseaux à commande par câble afin de presser les plaquettes contre le disque rotatif. Les étriers mécaniques sont légèrement plus sophistiqués et utilisent une vis à billes à coefficient de frottement réduit commandée par levier et par câble afin d'appliquer la force de serrage. Les motoneiges modernes disposent cependant de systèmes de freinage hydrauliques en raison de leur fonctionnement plus uniforme et progressif.

Un système hydraulique fonctionne en transformant la pression hydraulique produite par le piston du maître-cylindre (et transmise par la conduite de frein) en une force mécanique pressant la plaquette contre le rotor. Au niveau de l'étrier, la force réelle produite par le piston est égale à la pression de la conduite multipliée par la surface du piston mobile. Dans le cas d'un design à pistons multiples, la force totale est égale à celle de tous les cylindres combinés.

MAÎTRE-CYLINDRE

Le maître-cylindre consiste en une petite pompe à piston commandée par le levier de frein et reliée à un petit réservoir de liquide. Ce réservoir est nécessaire afin de garder le système plein, car l'usure de la plaquette entraîne une progression des pistons de l'étrier vers le disque. Le relâchement du levier de frein permet au piston du maître-cylindre de reculer contre sa butée. Dans cette position, il expose un petit trou reliant l'alésage du piston du maître-cylindre au réservoir. Cette « lumière de retour » permet non seulement au système de puiser le liquide nécessaire dans le réservoir, mais encore au liquide en expansion sous l'effet de la chaleur de retourner dans le réservoir, empêchant un système de freinage surchauffé de s'actionner. Dans les rares cas où des freins à disque se sont actionnés seuls, quelque chose empêchait le piston du maître-cylindre de retourner complètement à sa butée. La lumière de retour étant bloquée, l'expansion du liquide pouvait alors pressuriser le système, actionnant le frein. Il s'agit de la seule façon dont le système peut demeurer sous pression lorsque le frein n'est pas actionné, c'est-à-dire l'utilisateur ayant relâché le levier de frein. Par conséquent, assurez-vous toujours que le levier de frein peut retourner à sa position initiale lorsqu'il est relâché. Le piston du maître-cylindre est doté de deux joints d'étanchéité. Le second joint, situé à une certaine distance



NS ET DU FREINAGE

par Kevin Cameron

du joint d'extrémité ou « calotte », empêche le liquide de s'échapper du réservoir lorsque l'application du frein pousse la « calotte » au-delà de la lumière de retour.

TYPES D'ÉTRIERS



L'étrier hydraulique le plus simple dispose d'un seul piston sur un côté, l'ensemble de l'étrier flottant latéralement sur son support afin de pouvoir bouger à mesure que sa plaquette fixe s'use. Les étriers à deux pistons peuvent être montés de façon rigide, car les deux pistons peuvent bouger afin de compenser l'usure.

La demande pour une performance de freinage améliorée au fil des ans a entraîné l'utilisation plus répandue de

design à pistons multiples. Par exemple, la nouvelle moto sport Buell 1125R dispose d'un étrier à huit pistons sur sa roue avant, tandis que les design à quatre pistons sont à présent communs.

CONSTRUCTION DE L'ÉTRIER

Les étriers de frein peu coûteux sont faits d'aluminium moulé en deux pièces, ce qui facilite l'alésage de leurs pistons. Ils sont ensuite assemblés au moyen de boulons avec une conduite interne ou externe afin d'équilibrer les pressions des deux côtés.

Une construction plus robuste est faite d'une seule pièce, sans boulons, l'alésage des pistons s'effectuant par des trous sur un côté ensuite fermés au moyen de bouchons à vis. Des étriers plus récents dits « monoblocs » sont usinés à partir d'un matériau forgé solide pour une rigidité accrue, l'alésage des pistons s'effectuant au moyen d'un dispositif spécial à partir de l'intérieur de l'espace des plaquettes. Aucune carotte n'est nécessaire.

RECU ET AVANCEMENT DE LA PLAQUETTE

Lorsque vous appliquez le frein, la pression hydraulique pousse les pistons de l'étrier contre le dos des plaquettes, avançant celles-ci d'environ un dixième de millimètre et les pressant contre le disque. Lorsque vous relâchez le frein, l'élasticité des joints des pistons de l'étrier en élastomère fait reculer très légèrement les pistons, permettant au disque de tourner sans friction. Lorsque les plaquettes s'usent suffisamment pour le permettre, le piston de l'étrier interrompt sa prise juste assez pour glisser légèrement à travers son joint, adoptant une nouvelle position plus près du disque.

MATÉRIAUX DE FRICTION

Les matériaux de friction organiques communément utilisés pour la surface des sabots de frein comme pour les plaquettes de frein à disque produisent un gaz à haute température, réduisant ainsi la friction de freinage. Les constituants des matériaux de friction peuvent également fondre et former un « glaçage », une couche de surface lisse à faible coefficient de friction. Les matériaux de friction organiques peuvent offrir une mauvaise prise lorsque la surface de friction est

mouillée, ce qui affaiblit initialement les freins. À mesure que l'eau s'évapore avec l'augmentation de la température, la friction augmente aussi rapidement, faisant « s'agripper » les freins.

Dans de telles conditions, des plaquettes constituées de métal ou de céramique assurent une performance supérieure. De plus, ces matériaux offrent généralement une friction plus élevée que les matériaux organiques. La friction des plaquettes correspond au coefficient « mu », qui représente la force de freinage au niveau de la plaquette divisée par la force pressant la plaquette contre le disque. Ce coefficient de friction est habituellement de 0,3 à 0,4 pour les plaquettes organiques, mais peut atteindre environ 0,6 pour les plaquettes en métal ou en céramique.

Comme on pourrait s'y attendre, de tels matériaux plus durs peuvent rayer la surface du disque au fil du temps, mais il ne s'agit pas d'un concours de beauté. Nous voulons une bonne performance de frein! Les plaquettes de métal conduisent la chaleur plus efficacement que les plaquettes organiques. Par conséquent, dans certains cas, un isolant thermique ou un intercalaire ventilé est placé entre la plaquette et le piston de manoeuvre de l'étrier afin d'empêcher la chaleur du frein de faire bouillir le liquide de frein à l'intérieur de l'étrier.

USURE EN COIN DES PLAQUETTES

Si vous utilisez des freins à disque de façon brusque, vous remarquerez que le bord antérieur des plaquettes s'use plus vite que le bord postérieur, ce qui au fil du temps a pour effet d'user la plaquette en forme de coin. Cette usure peut entraîner un mauvais positionnement du ou des piston(s) de l'étrier et mener à un coincement, à un mauvais recul ou à un mouvement excessif au niveau du levier de frein. Divers moyens sont utilisés afin d'empêcher ce problème. Les disques peuvent être rainurés ou percés pour permettre à la poussière et au gaz des plaquettes de frein causant l'usure de s'échapper, ou la surface des plaquettes peut être interrompue par des rainures. Dans le cas des étriers à quatre ou six pistons, plusieurs plaquettes sont utilisées afin d'éviter l'usure en coin qui se produirait si seulement deux longues plaquettes étaient utilisées.

MATÉRIAUX DE ROTOR

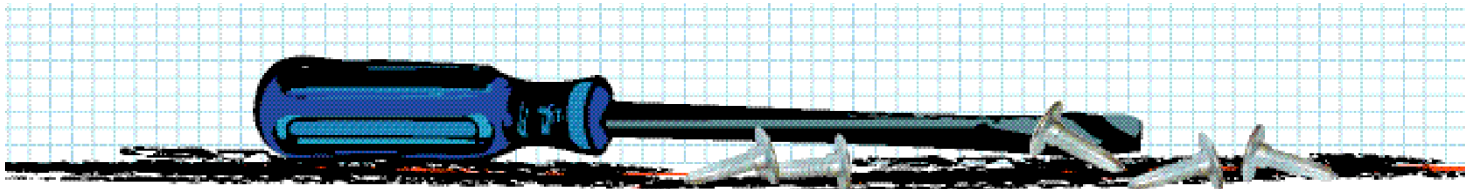


Le disque ventilé utilisé sur la 2008 FX Nytro de Yamaha.



Le « rotor en vague » que l'on retrouve sur les REV-XP.

Les disques lisses en fonte ou en acier inoxydable de série 400 sont utilisés en majorité, mais il existe des variantes intéressantes. Les disques ventilés comprennent des passages d'air de refroidissement radiaux comme ceux figurant sur certaines motoneiges Yamaha. Un autre type présente une rainure considérable de son diamètre extérieur et des fentes



Un disque de carbone que l'on retrouve sur la Ducati GP7

ou des trous de forme étrange dans le matériau du disque. D'après les fabricants, ces « rotors en vague » sont censés offrir un refroidissement plus rapide que les disques lisses.

Pour le freinage le plus brusque, des disques de carbone-carbone peuvent être utilisés. Les disques de carbone ont été initialement mis au point pour les avions (le carbone est beaucoup plus léger que le fer ou l'acier), adoptés en Formule un, puis vers 1989 ajoutés aux motocyclettes GP. Le point de fusion très élevé du carbone assure un fonctionnement normal à des températures qui réduiraient les disques de fer à l'état de fondue luisante. Une solution de rechange moins coûteuse est un nouveau matériau toujours renforcé par des fibres de carbone, mais principalement constitué de carbure de silicium de céramique très dur et résistant aux températures élevées. Les disques de carbone-carbone sont noirs, tandis que les disques de carbone-céramique ont l'allure de la pierre grise.

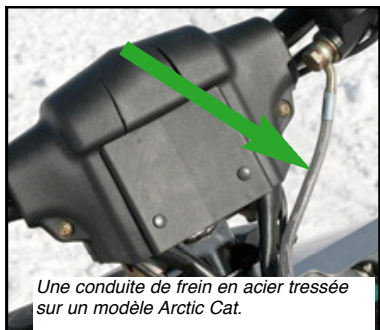
POIDS DU DISQUE ET TEMPÉRATURE DE FONCTIONNEMENT

Tous les freins peuvent s'évanouir ou devenir moins efficaces à mesure que leur température augmente. Plus la masse du disque de frein est petite, plus celui-ci deviendra chaud durant le fonctionnement. Puisque le frein est refroidi par air, il est souhaitable d'assurer une circulation de l'air autour du disque. Nous avons tous vu les gros tuyaux d'air flexibles utilisés afin de refroidir les disques et les étriers des voitures de course. En 1988, Honda a décidé de réduire le poids considérable des disques en fer de sa motocyclette NSR500 au minimum. Résultat : les disques de la moto sont devenus noirs en raison d'une surchauffe extrême lors de la course de Laguna Seca. En fait, les plaquettes se sont usées si rapidement qu'elles ont disparu avant la fin de la course. Bref, si votre disque de frein devient bleu foncé ou noir durant l'utilisation, il vous faut peut-être un disque d'une masse accrue.

PUISSANCE DU FREIN

C'est l'évidence même : plus le diamètre du disque de frein est grand, plus l'étrier est puissant. L'effort au niveau du levier peut être modifié en changeant l'alésage du maître-cylindre, une petite modification de l'alésage entraînant un changement important au niveau du levier. Plus l'alésage du maître-cylindre est petit, plus l'effort requis au niveau du levier est moindre (ou inversement, plus la pression de la conduite est grande pour le même effort), mais il existe une limite. Puisque l'alésage du maître-cylindre est déjà petit, le débattement du levier augmente jusqu'à ce que le levier finisse par s'enfoncer trop et compromettre la sécurité du système.

PLOMBERIE



Une conduite de frein en acier tressée sur un modèle Arctic Cat.

Il existe de nombreuses possibilités en matière de plomberie hydraulique. Les conduites en acier solide telles que celles utilisées sur les voitures et camions sont durables, mais les plus longues doivent être soutenues afin d'empêcher les vibrations qui peuvent les fendre. Les fournisseurs de pièces de rechange offrent des tubes flexibles à gaine d'acier inoxydable tressé conçus pour les avions et reliés par des raccords de compression filetés.

LIQUIDE DE FREIN

Les liquides de frein DOT-3, DOT-4 et DOT-5 sont disponibles. Le liquide DOT-3 fonctionne bien, mais doit être protégé de l'humidité atmosphérique, qu'il absorbe et qui fait chuter son point d'ébullition. Le liquide DOT-4 est similaire, mais présente un point d'ébullition plus élevé. Le liquide DOT-5 est un fluide de silicone qu'il vaut mieux éviter. Il est recommandé de démonter et de nettoyer périodiquement les systèmes de freinage qui ne sont pas aussi bien protégés contre les intempéries que ceux des voitures et des camions. Lorsqu'un système de freinage utilisé depuis un certain temps est ouvert, on y trouve souvent des cristaux et des dépôts gommeux qui nuisent à son fonctionnement.

N'employez pas de solvants à base d'hydrocarbures au niveau des joints d'étanchéité du système de freinage! N'utilisez que le liquide de frein même ou de l'alcool isopropylique comme solvant de nettoyage. Nombreux sont ceux qui ont ignoré cette simple règle et subi un gonflement et/ou un bris de leurs joints d'étanchéité, les freins se coinçant lorsque les joints absorbaient le solvant à base d'hydrocarbures et gonflaient sur place.

PURGE DU SYSTÈME DE FREINAGE

La purge des systèmes de freinage est nécessaire, périodiquement ou après l'entretien et l'assemblage, afin d'évacuer l'air emprisonné qui rend le levier trop flexible ou empêche même complètement le fonctionnement. Il est habituellement préférable selon moi de retirer le maître-cylindre, l'étrier et la conduite en une seule pièce, puis de les disposer pour la purge en plaçant le maître-cylindre en bas et l'étrier par-dessus celui-ci. Insérez une pièce métallique de l'épaisseur du disque entre les plaquettes. Exercez une légère pression sur le levier (en vous assurant qu'il y a toujours suffisamment de liquide dans le réservoir) et demandez à quelqu'un de dévisser la vis de purge de l'étrier, puis de la revisser. Si la répétition de ce processus n'évacue pas les bulles d'air et ne raffermit pas le levier, essayez de donner de petits coups sur la conduite, surtout au niveau des raccords vissés. Les bulles d'air ont tendance à s'accrocher à l'intérieur des raccords banjo communément utilisés dans les systèmes de freinage. Par conséquent, il peut même être nécessaire de desserrer ces raccords comme s'il s'agissait de vis de purge afin d'évacuer l'air. De quoi rêver d'une piscine pleine de liquide DOT-3 pour pouvoir y assembler tout le système!

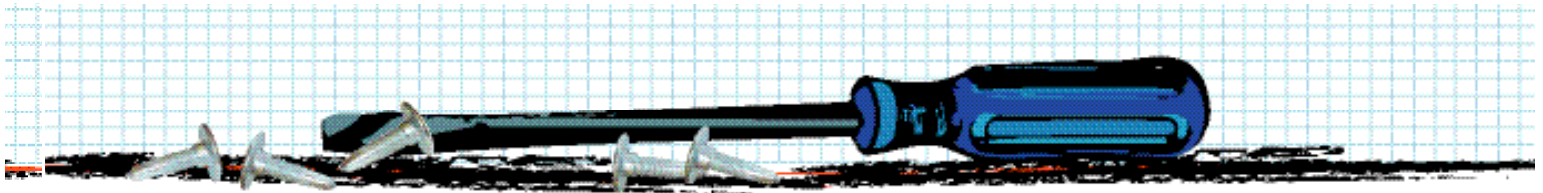
On rencontre à l'occasion un système qui ne maintient pas la pression, le levier s'abaissant lentement lorsqu'il est pressé. Si le système ne présente pas de fuite externe, c'est qu'il comporte une fuite interne. Ce problème est habituellement causé par une corrosion de l'alésage du maître-cylindre laissant le liquide s'échapper au-delà de la lèvre du joint d'étanchéité du piston du maître-cylindre. Puisque j'ai connu ce problème plus d'une fois, j'examine à présent l'alésage du maître-cylindre sous une forte lumière avant de commencer l'assemblage, car il suffit que le liquide de frein absorbe de l'eau pour produire ce type de corrosion.

Soyez prudent avec le liquide de frein, car il décape de nombreux types de peinture et est avide d'humidité, asséchant toute peau qui y est exposée de façon prolongée. Protégez surtout vos yeux!

Les freins constituent habituellement le dernier système dont on s'occupe sur un véhicule de haute performance, mais ils méritent mieux.

CONICITÉ DU DISQUE

Lorsque les freins sont utilisés brusquement, le disque prend de l'expansion sous l'effet de la chaleur. S'il est boulonné de façon rigide à un support de disque en aluminium, un



freinage brusque peut entraîner une conicité du disque. Afin de repérer ce problème, placez une règle droite sur la surface du disque. Si le disque est plat, il ne devrait y avoir aucun espace entre celui-ci et la règle.

Afin de prévenir la conicité, les fabricants de frein ont utilisé un système de fixation flottante transmettant le couple de freinage du disque au support, mais permettant une expansion/contraction radiale libre du disque.

Or, étant donné que les freins travaillaient de plus en plus dur au fil des ans, la conicité se produisait même avec une fixation flottante. La cause du problème était un réchauffement plus rapide du disque au niveau de son diamètre extérieur qu'au niveau de son diamètre intérieur, résultat de la différence de vitesse de glissement et par conséquent de vitesse de réchauffement de friction entre les deux diamètres. L'extérieur du disque, étant plus chaud, prenait suffisamment d'expansion pour étirer de façon permanente la partie intérieure du disque. Lorsque le disque se refroidissait, sa partie intérieure étirée se révélait trop grosse pour sa partie extérieure et il adoptait alors une forme légèrement conique.

La solution à ce problème était de rendre le rail des plaquettes très étroit radialement afin que les vitesses de glissement maximale et minimale diffèrent peu. Pour ce faire, les plaquettes sont devenues plus longues autour du disque et plus étroites radialement. Afin d'obtenir une charge uniforme sur de telles plaquettes (ou séries de plaquettes), chaque côté du disque doit être doté de deux ou trois pistons.

OSCILLATION ET RETOUR DE PLAQUETTES

Une oscillation des rotors de frein de plus de 0,10 mm environ est perceptible au niveau du levier. Si un fléchissement du disque ou des supports de l'étrier se produit durant l'utilisation, tout mouvement du disque entre les pistons de l'étrier peut repousser les pistons, ce qui signifie que la hauteur du levier sera faible ou nulle la prochaine fois que vous tenterez de freiner. Les gens de l'industrie automobile parlent d'un « retour de plaquettes », un problème pouvant provoquer des sensations fortes indésirables et que je mentionne car il peut être déconcertant lorsqu'il survient pour la première fois.

Les disques de fer utilisés de façon brusque présentent occasionnellement des « points durs » de surface pouvant également causer un cognement au niveau du levier. Il s'agit de zones où le métal a subi une modification de son empilement atomique entraînant une légère augmentation de volume locale. Ces points durs peuvent parfois être sablés.

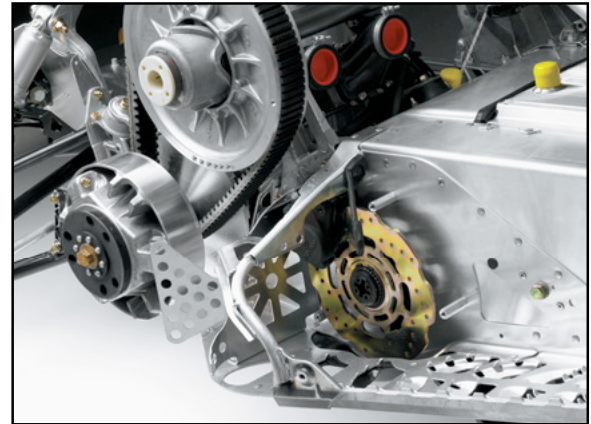
PROBLÈMES PROPRES À LA MOTONEIGE



Le capot de la 600 RR possède une conduite d'air prévue pour refroidir le système de freinage.

Ironiquement, vous serez peut-être étonné d'apprendre que malgré le fait que les motoneiges sont généralement utilisées par temps froid, le système de freinage d'une motoneige doit fonctionner dans l'un des environnements les plus exigeants qui soient pour tout véhicule en grande partie en raison d'un

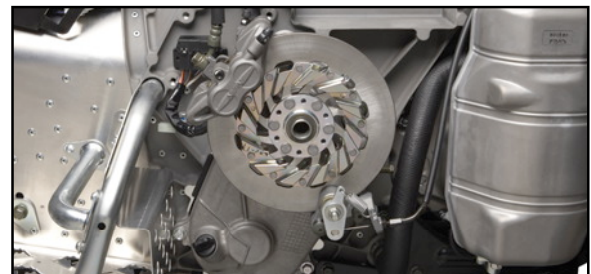
manque de refroidissement. En effet, à la différence des automobiles ou des motocyclettes, où les étriers et les rotors, soit les composants les plus touchés par l'accumulation de



L'emplacement du frein sur l'arbre d'entraînement sur les REV-XP élimine les problèmes de freinage reliés aux bris de chaîne.

chaleur, sont exposés à l'air de refroidissement, ces composants sont généralement situés sous le capot de la motoneige, bien isolés de l'air de refroidissement extérieur. Les concepteurs de motoneiges tentent d'atténuer ce problème de nombreuses façons, en intégrant des conduites d'air dans le design du capot ou un système de refroidissement dans l'étrier (comme le fait Polaris depuis des années), ou plus récemment en repositionnant entièrement le rotor et l'étrier (comme l'a fait Ski-Doo sur le dernier châssis XP).

L'emplacement habituel du système de freinage sur l'arbre de renvoi présente un autre problème unique, celui-ci encore plus crucial puisqu'il s'agit d'une question de sécurité. Dans un design de carter de chaîne traditionnel, les forces de freinage sont transmises par la chaîne et les engrenages, ce qui ne pose pas de problème dans des circonstances normales (bien que cela entraîne une usure prématurée de ces pièces). En cas de bris de la chaîne par contre, le conducteur peut se trouver dans une situation dangereuse où les freins ne fonctionnent pas du tout. Certains design plus récents (notamment le système ACT d'Arctic Cat et le châssis XP de Ski-Doo) placent le système de freinage sur l'arbre d'entraînement même, contournant ainsi le carter de chaîne entièrement et éliminant le problème.



Le rotor de la FX Nytro de Yamaha est placé à l'extérieur du carter à chaîne améliorant ainsi son refroidissement.

Dans le prochain numéro :

Certains se préparent à relever le défi de construire une motoneige capable d'atteindre 200 mph (324 km/h).

À ne pas manquer !