

PIGNONS SIFFLEURS

Recherche de cause/effet dans un but préventif, basée sur les pignons de 5° des boîtes de vitesses des gros blocs.

INTRODUCTION

Un pignon de boîte qui siffle, c'est désagréable et constitue un danger au cas où il viendrait à se dégrader brutalement. Dans le cas d'une désintégration brutale, cela pourrait causer un blocage de la roue arrière et donc provoquer un accident. Ce cas de pignon « siffleur » n'est pas inconnu puisque sur de nombreuses motos, ces pignons ont été changés.

Certains Guzzistes roulent encore avec ce désagrément, d'autres ont remplacé sans attendre ces pignons de 5°. Pour d'autres motos c'est celui de 3° qui siffle. Sur les blocs Brevia 750 IE, le sifflement est apparu aussi sur les pignons de 4° et 5°. Les boîtes de petit bloc sont assez sensibles à ce défaut.

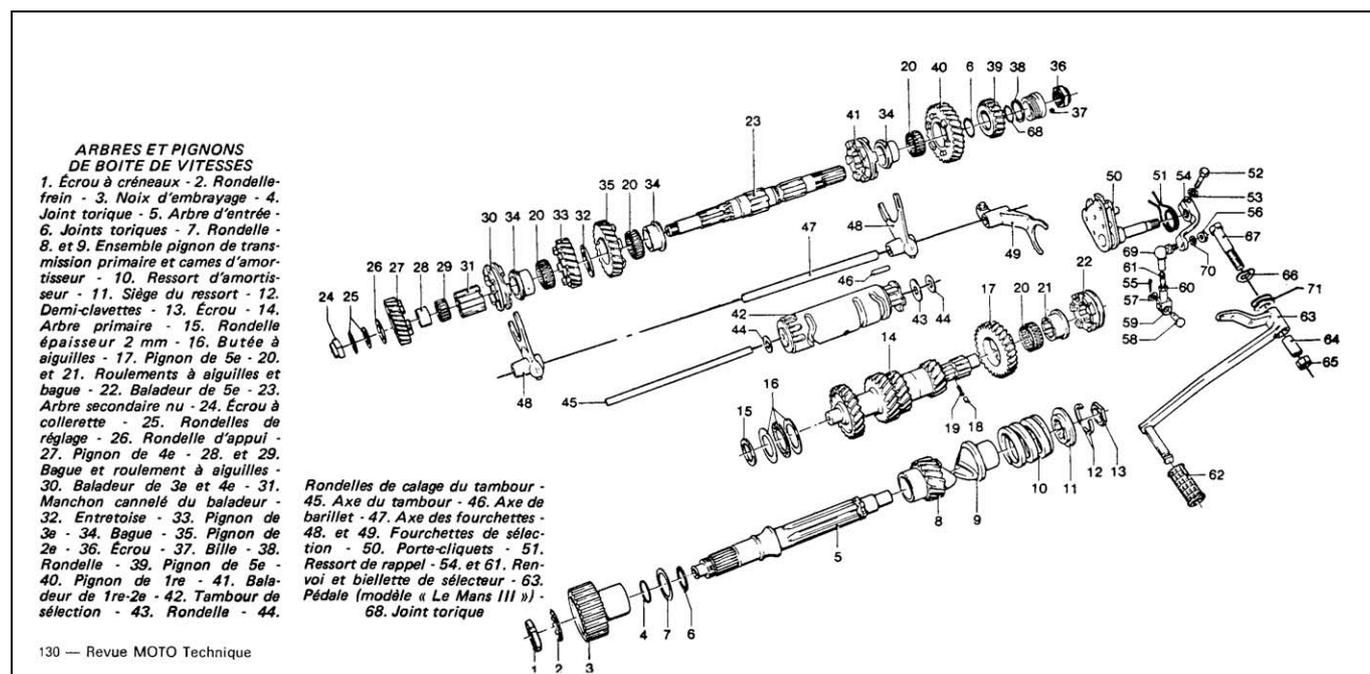
NOTA: les boîtes composées de pignons à taille droite sifflent "naturellement"

Afin d'essayer de remédier à ce problème, une petite recherche a été lancée pour essayer d'éclaircir le mystère de l'usure de ces pignons: s'agit-il d'un problème de fabrication, d'un problème de graissage, d'entretien ?

Ce petit dossier n'a pas la prétention de vouloir résoudre un quelconque problème; il s'agit juste d'une réflexion en prévention.

DÉTAIL DES PIGNONS

CAS DE LA BOÎTE DES GROS BLOCS - BOÎTE 5 - TAILLE HÉLICOÏDALE



Le petit pignon ci-contre est monté sur l'arbre secondaire, juste devant le roulement de sortie de boîte (repère 39 éclaté ci-dessus). C'est le pignon « mené ».

Le grand pignon est le pignon « menant » monté sur l'arbre primaire (repère 17 éclaté ci-dessus)

Ces deux pignons sont en bout d'arbre mais bénéficient d'une bonne tenue car très proche des roulements en bout d'arbre.

Le pignon « mené » entraîne l'arbre secondaire par le biais des cannelures tandis que le pignon « menant » est monté libre sur un roulement à aiguilles+bague « monté fou » et il entraîne le mené grâce aux crabots visibles sur la photo qui sont eux-mêmes entraînés par les crabots du baladeur (repère 22) qui est placé en position d'entraînement par la fourchette correspondante.



Lorsqu'il n'est pas craboté, le menant tourne librement sur son roulement à aiguilles car il est entraîné constamment par son voisin qui lui ne peut s'empêcher de tourner car il est lié par les cannelures sur l'arbre. Mais dans ce cas il n'y a aucune transmission de puissance.

DÉTAIL DE LA BOÎTE

La boîte présente 5 vitesses et son fonctionnement est expliqué dans la revue technique.

La transmission de puissance s'effectue par les crabots et les cannelures des différents pignons.

Sur l'arbre primaire les pignons de 3^e et 4^e sont taillés sur l'arbre et par conséquent ne sont pas démontables.

Les pignons de 1^{re} et 2^e sont sur un élément rapporté, qui constitue en fait ces pignons et peuvent être changés séparément.

Sur l'arbre secondaire tous les pignons peuvent être remplacés individuellement; bien sûr il sera quelquefois préférable si possible suivant le kilométrage de la moto, de changer chaque pignon par couple. Une usure aussi infime soit-elle sur un pignon entraînera également une usure sur le pignon opposé.

Détail des pignons de 5^e (1000 California II)



Le pignon mené: nombre de dents $Z = 21$



Le pignon menant: nombre de dents $Z = 28$

Ce couple de pignons présente un multiple dans le nombre de dents: ici c'est le nombre $7 : 7 \times 3 = 21$ et $7 \times 4 = 28$

Ceci signifie que si un des deux pignons présente un défaut (défaut denture, défaut géométrique), le défaut sera généré sur son opposé entraînant lentement sa dégradation (suivant le défaut bien sûr).

Il ne s'agit pas d'un problème de conception, (les boîtes de ce type n'étant pas destinées à prendre des tours si l'on veut comparer à des ensembles aéronautiques), seulement suivant la qualité de fabrication ce point n'est pas à exclure; dans une chaîne de fabrication il est hélas possible de rencontrer des non conformités...

USURE DES PIGNONS

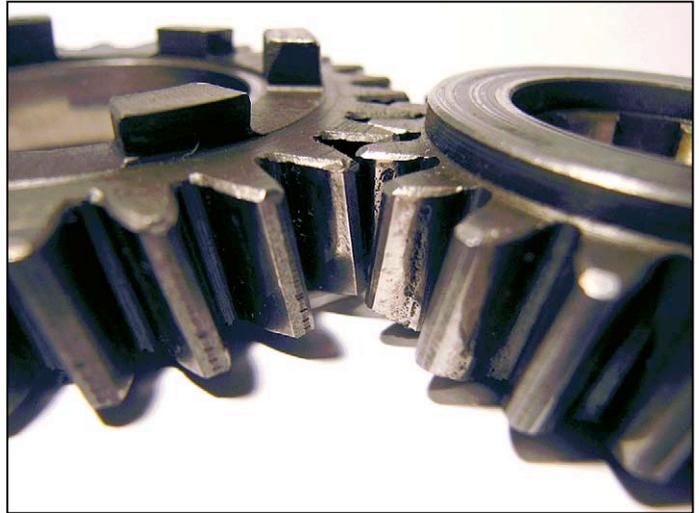
La photo ci-contre montre le pignon mené de 5°: il existe une usure très prononcée, beaucoup moins importante (mais toutefois non négligeable) sur le pignon menant.

L'usure se situe au point de contact des deux pignons sur la zone du diamètre primitif. Cette zone, où la vitesse entre les dents des deux pignons est nulle, est caractérisée par une très forte pression de contact; c'est à cet endroit que la transmission de puissance est la plus importante. La ligne d'usure est sur toute la largeur de dent.

L'usure est ici très importante (profondeur environ > 0.25 mm). Cette dent est l'une des plus usées de ce pignon.



Ci-contre, le couple disposé côte à côte: on voit le flanc travaillant du pignon mené (à droite) avec son usure très prononcée sur le diamètre primitif.



ANALYSE MATIÈRE

Avant d'accuser un quelconque défaut de « traitement de surface », une analyse métallographique de ces pignons a été menée afin d'en savoir un peu plus sur leur fabrication. Un traitement de surface consiste souvent à rapporter un métal sur un autre métal. Dans le cas de nos pignons, nous allons parler de traitement thermique (TTH).

- Essai de dureté: résultat 62 HRC
- Analyse spectrométrique: suivant relevés, arrondissement des valeurs et recherche d'une matière utilisée généralement en automobile. Matière = 16NC4 (acier de cémentation)
- Vu la matière et la valeur de dureté mesurée, ce pignon est donc cémenté pour lui conférer les valeurs de dureté nécessaires à son fonctionnement. (cémentation entièrement sur tout le pignon et sans réserves)

Le pignon mené ci-contre a été découpé puis tranché, afin de mettre en évidence la partie interne de la denture. Les coupes sont placées dans une résine puis subissent un polissage (à droite).

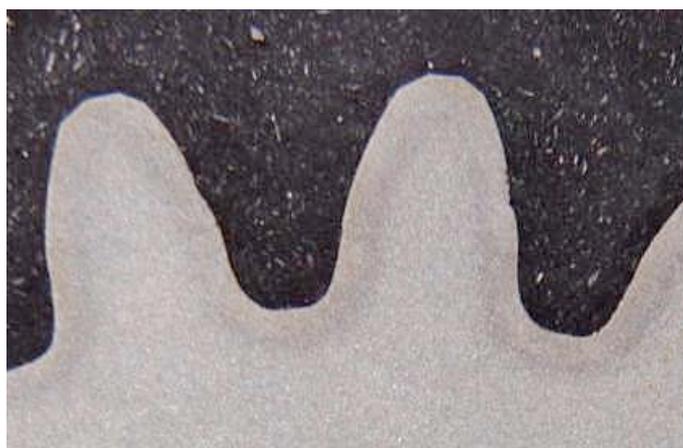


La couche cémentée est ici mise en évidence.

On voit par la même occasion que les cannelures internes sont également cémentées, ce qui est normal. La valeur de cémentation est de l'ordre de 0,9 mm de profondeur. La diffusion de la couche cémentée est bonne et ne présente pas de criques.



On peut remarquer l'usure de la denture au niveau du primitif sur ces coupes de denture.

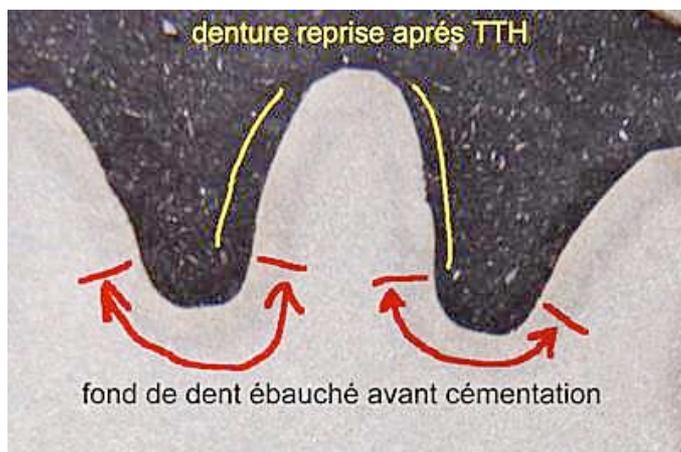


FABRICATION

Il est difficile de définir le mode opératoire de fabrication d'une pièce, sans connaître les ateliers de fabrication. Cependant il est possible de donner les grandes lignes d'une gamme de fabrication hypothétique.

Ces pignons sont cémentés. La denture est réalisée en ébauche avec un process de taillage denture. Le fond de dent ne sera plus retouché par la suite (zone en rouge sur la photo ci-contre).

Les pignons sont ensuite cémentés puis subissent une trempe et un revenu afin de donner au pignon les caractéristiques mécaniques requises. Notamment la dureté et la résistance à cœur. La cémentation n'est rien sans la trempe en suivant. La trempe provoquant des déformations géométriques, la denture est donc reprise (partie jaune ci-contre). La coupe ci-contre ne met pas très bien en évidence la reprise d'usinage qui est effectuée.



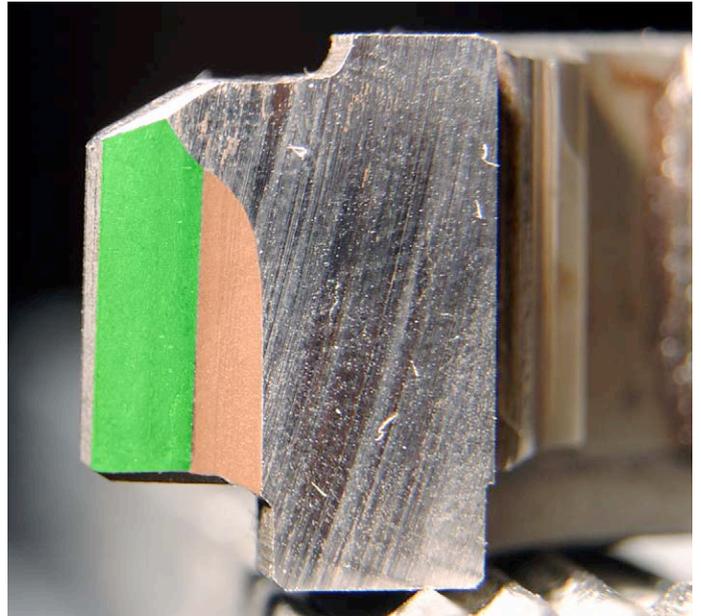
Les procédés de reprise de la denture après traitement thermique sont divers et cela peut être du simple rodage (rodage avec un master), du procédé de shaving (machine et outils spéciaux) ou de la rectification denture (machine rectif denture avec meule profilée).

La valeur de la reprise est très faible: suivant le procédé, 0,05 à 0,15 mm par flanc, voire moins en rodage.

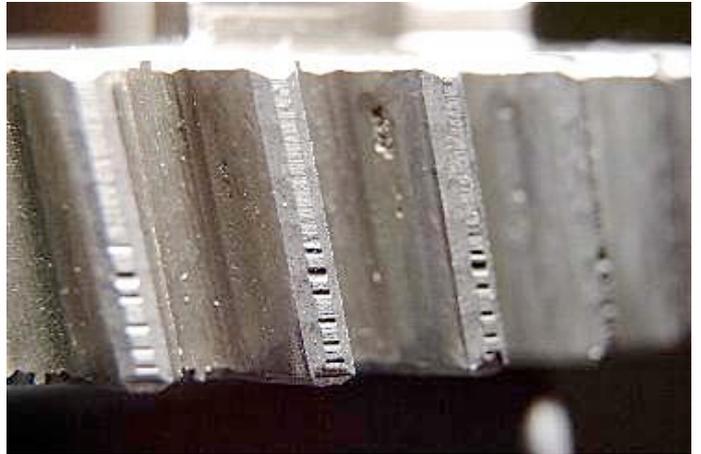
Ici, suivant les traces d'usinage qui subsistent sur les flancs non travaillant, on peut retenir un procédé de reprise par shaving, procédé généralement utilisé en automobile. Ceci restant à confirmer.

Ci-contre la vue d'une dent qui met en évidence les différentes zones de la denture:

- En orange, le fond de dent non repris
- En vert, la zone de travail

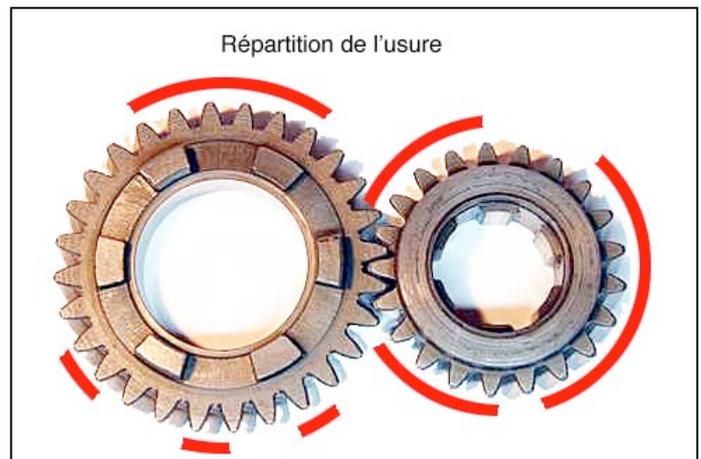


La denture du pignon menant ci-contre est beaucoup moins « usée ». Cependant de gros trous existent sur le primitif mais restent localisés sur la zone en bordure du pignon correspond en face des dents non ébavuré (voir plus bas)



Les zones particulièrement usées des pignons sont les suivantes:

- De visu, le pignon menant (à gauche) est usé sur moins de 30% de la denture.
- Le pignon mené est usé à presque 75% environ avec de grosses traces profondes. Le reste, moins usé, n'a pas été repéré, sinon c'est tout le pignon qui aurait été balisé en rouge...



DIMENSIONNEL

En attente de réaliser des mesures dimensionnelles sur machine tridimensionnelle spéciale à mesurer les dentures.

PREMIÈRES CONSTATATIONS

Ces pignons sont passés dans de nombreuses mains; souvent une phrase revient: « problème de graissage »
Mais avant de s'avancer sur un résultat, voici ci-dessous une liste de quelques idées.

N'est cité que ce qui concerne les pignons. Sont exclus, mais également à prendre en considération (liste non exhaustive), les éventuels défauts d'alignement des arbres (usinage des carters), les problèmes liés aux roulements (dégradation des pistes et jeu anormal répercuté sur le pignon adjacent), etc.

PROBLÈMES DÛS À LA FABRICATION

SI RECTIFICATION DENTURE APRÈS TRAITEMENT THERMIQUE

Risque industriel de « brûlures » des surfaces cémentées.

Cause: problème de lubrification lors de l'usinage ou paramètres de coupe non respectés. La température de ces surchauffes locales atteint et dépasse la température de revenu (150 à 200°C) et engendrent une faiblesse locale de la couche cémentée devenue fragile. Dès la première utilisation des pignons, commence alors une usure qui va augmenter avec l'utilisation. L'usure d'une ou plusieurs dents va entraîner celle des autres.

ÉBAVURAGE DES PIGNONS

Le pignon mené présente sur les flancs de denture (flanc travaillant) un angle assez vif non ébavuré qui présenterait un risque pour le contact entre les dents. L'usure la plus importante sur les dents est du même côté, sur les deux pignons. Sur les dents les moins usées, l'usure se situe dès le bord de la dent. Il est assez surprenant de voir que seul ce profil ne soit pas ébavuré alors qu'il est le flanc travaillant. Certains autres pignons présentent cette même caractéristique. La bavure, même minime peut « passer » entre les dents, subir un matage et détériorer petit à petit la denture. C'est une possibilité d'usure non négligeable.

GÉOMÉTRIE DE LA PIÈCE

Possibilités de battement général:

- denture du pignon non conforme
- denture profil / hélice non conforme
- jeu entre dents non conforme

Avec la présentation du multiple du nombre de dents, ces multiples défauts peuvent générer une dégradation de la denture. Certains provoquent du bruit à l'utilisation, génèrent du balourd, les roulements encaissent aussi ces défauts mais aussi se dégradent avec la diffusion des ondes et balourd liés au mauvais fonctionnement.

GRAISSAGE

Le constructeur de nos motos favorites prescrit d'utiliser des huiles d'une certaine viscosité et enrichies au MoS2 pour la boîte et le pont.

NDLR : jamais Guzzi n'a prescrit de l'huile enrichie au molybdène pour ses boîtes et c'est de plus "interdit" pour les boîtes VII et autres boîtes gros blocs d'après 2002 environ. Ce sont les concessionnaires qui, par flemme, mettent de la MoS2 dans les BV de gros blocs car le bidon d'1 litre fait l'affaire : 250 ml dans le pont et le reste dans la BV.... En théorie, les petits blocs ne sont pas nourris de cet additif (1 litre dans la BV et 170 ml dans le pont).

Il est évident que si cette prescription n'est pas respectée (ainsi qu'un niveau correct), nous pouvons nous attendre à rencontrer des problèmes d'usure sur les parties de la boîte les plus exposées.

Il est possible que d'après la conception de la boîte certains pignons bénéficient d'un graissage plus efficace que d'autres. Dans le cas du pignon de 5 qui est « caché » derrière le pignon de 1^{re}, qui pourrait faire écran, et le cul de boîte, il est possible que sa lubrification ne soit pas des plus efficaces, par rapport aux autres pignons. Faudrait-il augmenter le niveau préconisé ?

NDLR : non, pour des problème de barbotage, d'étanchéité sur la tige de débrayage et de reniflement à hauteur du reniflard...

Une utilisation prolongée sous charge (autoroute) en 5^e avec un niveau faible et une huile inadaptée pourrait contribuer très fortement à une usure de ce genre. Le roulement de sortie de boîte n'étant pas soumis aux mêmes charges pourrait se suffire plus longtemps d'une huile inadaptée. Par contre pour les pignons, le besoin en lubrification n'est pas le même. Pourtant, comme témoignage, ce roulement à été changé en même temps que les pignons de 5 car H.S. à plusieurs reprises, sur des motos différentes. Mais on ne sait pas comment elles ont été entretenues, ni avec quelle huile elles ont tournées par le passé !

À rappeler qu'un manque de lubrification entraîne une surchauffe locale de la couche cémentée d'où un cycle d'usure qui va augmenter avec l'utilisation. Cette surchauffe locale par manque de lubrification peut être atteinte dès qu'un pignon atteint en surface la température de revenu, c'est à dire pour ce genre d'acier de cémentation à environ 180 °C. Cette surchauffe peut donc être donc engendrée par un manque de lubrification spontanée. La surface de la denture cémentée s'use alors très rapidement allant jusqu'à détériorer entièrement la surface utile de la denture (région du primitif). Lorsque c'est possible, l'huile enrichie au MoS2 devrait permettre de limiter les risques de grippage et de rupture du film d'huile devant les contraintes mécaniques.

PETIT BILAN

Suivant les analyses ci-dessus, la qualité et l'homogénéité de la couche cimentée ainsi que son support (matière) ne seraient pas responsables de l'usure de ces pignons.

Si le procédé de reprise est réalisé par « shaving » et non pas par rectification, le risque des brûlures des surfaces cimentées lors de la fabrication est à écarter.

Par conséquent:

- si le dimensionnel des pignons est conforme,
- si le dimensionnel de l'ensemble de la boîte (carters, arbres) est conforme,

alors il faudra se pencher effectivement sur les soucis de lubrification que peuvent rencontrer nos boîtes de vitesses.

Bonne huile, bon niveau, changement fréquent...

Hors lubrification, une piste est exploitable pour les gros blocs: la chaîne de cotes de tolérances. Nous savons que Guzzi a dû abandonner les distributions hydrauliques très très très probablement pour un problème de chaîne de cotes de tolérances. D'autre part, tout le monde sait que les calages usines ne sont pas au mieux. Il n'est qu'à ouvrir un pont neuf pour le savoir. Pas de raison que les boîtes de vitesses y échappent.

On peut donc arriver à 2 explications supplémentaires probables: alignement et calage approximatif de la boîte et/ou non alignement des logements des roulements AV et AR des arbres de transmission.

On devrait pouvoir savoir si une boîte parfaitement calée après remplacement d'une paire de pignon rechute par la suite; bien que cela n'exclut pas un défaut de fabrication et/ou de lubrification...

Pour les petits blocs, l'affaire se corse. La boîte de vitesses des petits blocs ne se "cale" pas longitudinalement comme celle des gros blocs. De plus, Guzzi a effectué il y a fort longtemps (au cours de la production des V65, soit entre 1982 et 1987), une modification interne consistant en un "pare-éclaboussure" sensé empêcher l'huile de filer directement vers le reniflard lors du barbotage. Cet accessoire est toujours d'actualité sur les petits blocs modernes et doit contribuer à une meilleure lubrification des pignons du fait d'une moindre dispersion.

Par ailleurs, les quantités d'huile ont souvent oscillé au fil du temps entre 0,9 et 1 L. avec des méthodes de contrôle de niveau parfois assez folkloriques. On se bornera à valider les conseils de Dave Richardson (Guzziology) : 1 L. pour toutes les boîtes de petit bloc.

À noter que les Breva 750, pour les premières nées, ont été touchées par le syndrome du sifflement aux environs de 10.000 km sans qu'un défaut de lubrification (quantité et qualité) puisse être avancé. Les paires de pignons de 4 et 5 étaient à remplacer.

BIBLIOGRAPHIE

Petit boulot de recherche effectué par :

© Philippe KERDEVEZ

19 juillet 2007.

ker2@club-internet.fr.

Diffusion : SCUDERIA GUZZI

Merci de me contacter pour faire évoluer cette réflexion/analyse.

Compléments effectués par Sergio - <http://www.guzzitek.org>

Mis à disposition sur le uebe par autorisation de son auteur