

LES CAHIERS TECHNIQUES

La boîte automatique PAR FREDERIC MILICEVIC

Bref historique

À la fin des années 30, la firme Oldsmobile, déjà passée sous le giron du géant Américain General Motors, présentait la transmission automatique Hydra-Matic à deux rapports.

Le succès fut tel qu'à partir du milieu des années 1950 la boîte automatique équipait déjà la quasi-totalité des automobiles d'Amérique du Nord.

Les voitures haut de gamme européennes commencèrent timidement à adopter ce système à la fin des années 1960. Borg-Warner, Chrysler, Ford et General Motors furent les principaux fabricants américains, tandis qu'en Europe l'allemand ZF deviendra à la fin des années 60 le pionnier des transmissions automatiques adaptables aux véhicules européens de moyenne cylindrée, comme Peugeot, Alfa Romeo et BMW.

Citons aussi Mercedes-Benz, un cas à part qui a toujours fabriqué ses propres transmissions, elles étaient considérées comme les meilleures du marché à l'époque.

En 1972, ZF rachète Borg Warner, mais les deux marques continuent à coexister.

La XJ et la boîte automatique

La Jaguar XJ, dont le principal marché à l'export se trouve être les Etats-Unis, n'a pas échappé à la règle: tous les modèles à moteur douze cylindres ainsi que l'écrasante majorité des six cylindres furent équipés de boîtes automatiques. Pour simplifier (voir le tableau des affectations) la boîte Borg Warner modèle 12 équipa les modèles six et douze cylindres jusqu'au milieu des années 1970. C'était une boîte surdimensionnée pour les six cylindres XK et rendue extrêmement lourde par son carter en fonte.

En 1975 l'XJ6 série 2 adopta la transmission modèle Borg Warner 65, montée aussi sur de nombreux modèles européens (Fiat, BMW par exemple), cette transmission était plus légère et sans doute moins chère. Elle ne posera pourtant pas de problèmes sur le XK 4.2 litre que l'on peut pourtant difficilement qualifier de petit moteur. En revanche la BW12 est conservée sur le V12.

La disparition de la BW12 en 1976 obligera Jaguar à se tourner vers Général Motors et son modèle Turbo Hydramatic 400 pour trouver une boîte capable de faire passer sur la route la force du V12, c'était la boîte à tout faire pour les autos ultra puissantes de ces années là. Elle équipait entre autres Rolls-Royce, Cadillac et...Ferrari.

Fin 1979 la XJ série 3 six cylindres a droit à une nouvelle boîte, la remplaçante de la 65, j'ai nommé la 66, qui n'a en fait pas grand chose de nouveau à part un arbre avant un peu plus gros et un carter d'huile un peu plus profond.

Avec la XJ40 en 1987 les temps changent et Jaguar se tourne vers le constructeur allemand ZF qui fournit d'excellentes boîtes à 4 rapports, avec blocage du convertis-

type de boîte	affectation	particularités
BW8	XJ6 4,2 litres 1968-1971	carter fonte-commande par modulateur et interrupteur de kick-down
BW35	XJ6 2,8 litres 1968-1974	carter alu, commande par câble
BW12	XJ6 4,2 litres 1971-1975 XJ12 1972-1977	carter fonte, commande par modulateur et interrupteur de kick down
BW65	XJ6 1975-1979	carter alu, commande par câble
BW66	XJ6 1979-1987	carter alu, commande par câble
GM 400	XJ12 1977-1993	carter monobloc alu spécifique au V12 Jaguar, commande par modulateur et interrupteur
ZF 4 HP 22	XJ40 3,6-2,9	la dernière sans gestion électronique-la première à 4 rapports
ZF 4 HP 24	XJ40 4 I-X300	gestion électronique-4 rapports
GM4L80E	XJ0 V12 (XJ81)-XJR	gestion électronique-4 rapports

seur de couple en quatrième qui permet de réduire à zéro les pertes par échauffement une fois la Jaguar lancée !

Avantages et inconvénients de la transmission automatique

La conduite d'une automobile à boîte automatique apparaît tout de suite plus simple : le conducteur est débarrassé de la pédale de gauche, gros avantage sur les fortes cylindrées car la commande d'un embrayage classique sur ces autos est souvent dure et désagréable. En outre la transmission s'occupe de tout, nul besoin de se battre avec le levier de vitesse.

Ce levier n'est alors actionné qu'exceptionnellement : marche arrière, blocage en position parking, et les fameuses positions 2 et 1 qui empêchent la boîte de passer au rapport supérieur, très utile en montagne ou en conduite « sportive »

L'automatisme simplifie l'utilisation de la force du moteur, le conducteur peut ainsi consacrer toute son attention à la conduite, celle-ci devenant plus reposante et détendue.

La conduite en zone urbaine et dans les embouteillages devient même une partie de plaisir.

Le démarrage en côte est simplifié, l'auto ne recule pas. Les petites manœuvres sont facilitées, il suffit de lâcher les freins pour que l'auto avance ou recule en douceur.

La maintenance est quasiment inexistante, pas d'embrayage à changer ni de câbles à retendre.

Notons que ces avantages, cruciaux dans des situations disons 'stressantes', n'ont pas été oubliés par les fabricants d'armement, la plupart des chars de combat modernes étant équipés de transmissions automatiques.

Mais le tableau n'est pas idyllique : la boîte automatique «classique» souffrira de défauts inhérents à sa conception

LES CAHIERS TECHNIQUES

La boîte automatique

(jusqu'à la XJ40) : Elle ne dispose alors que de trois vitesses, ce qui oblige le constructeur à adopter un rapport de différentiel (vous savez, ce qu'on appelle souvent le pont arrière) favorisant plus ou moins la nervosité face à la vitesse de pointe, compromis qui par essence défavorise l'agrément de conduite comparé à une transmission manuelle à 5 rapports.

Sur les XJ6, Jaguar a adopté un « pont » rendant la voiture nerveuse à vitesse moyenne, idéal pour la conduite rapide sur les nationales de l'époque et offrant une « pêche » tout à fait satisfaisante pour doubler les poids lourds. Malheureusement sur autoroute le moteur tourne inutilement vite, de 500 à 1000 tours/minute plus vite que son homologue accolé à une boîte manuelle. Inutile de vous dire que l'usure mécanique, la consommation et le niveau sonore général s'en ressentent.

Sur les derniers modèles à moteur 12 cylindres, à partir des années 80, c'est exactement l'inverse, pour diminuer la consommation Jaguar a choisi une démultiplication très longue sur le dernier rapport, qui pénalise les reprises, un différentiel plus « court » ainsi qu'un quatrième rapport manquant cruellement pour mettre en valeur la rage des 300 chevaux...

Le deuxième handicap est du au convertisseur de couple, qui peut être comparé à un embrayage qui patine en permanence et transforme une partie de la puissance du moteur en chaleur inutile. Consommation d'essence et baisse de performance sont les conséquences de cette

perte de rendement.

Pour en finir avec les critiques, il faut bien admettre que le caractère mystérieux du fonctionnement de la boîte automatique, ainsi que l'impossibilité de réparer autrement que par l'échange pur et simple, et souvent ruineux, ont beaucoup fait de mal à la réputation de ce type de transmission.

De rares ateliers spécialisés assurent la réparation totale des transmissions, qui sont alors garanties comme des boîtes neuves.

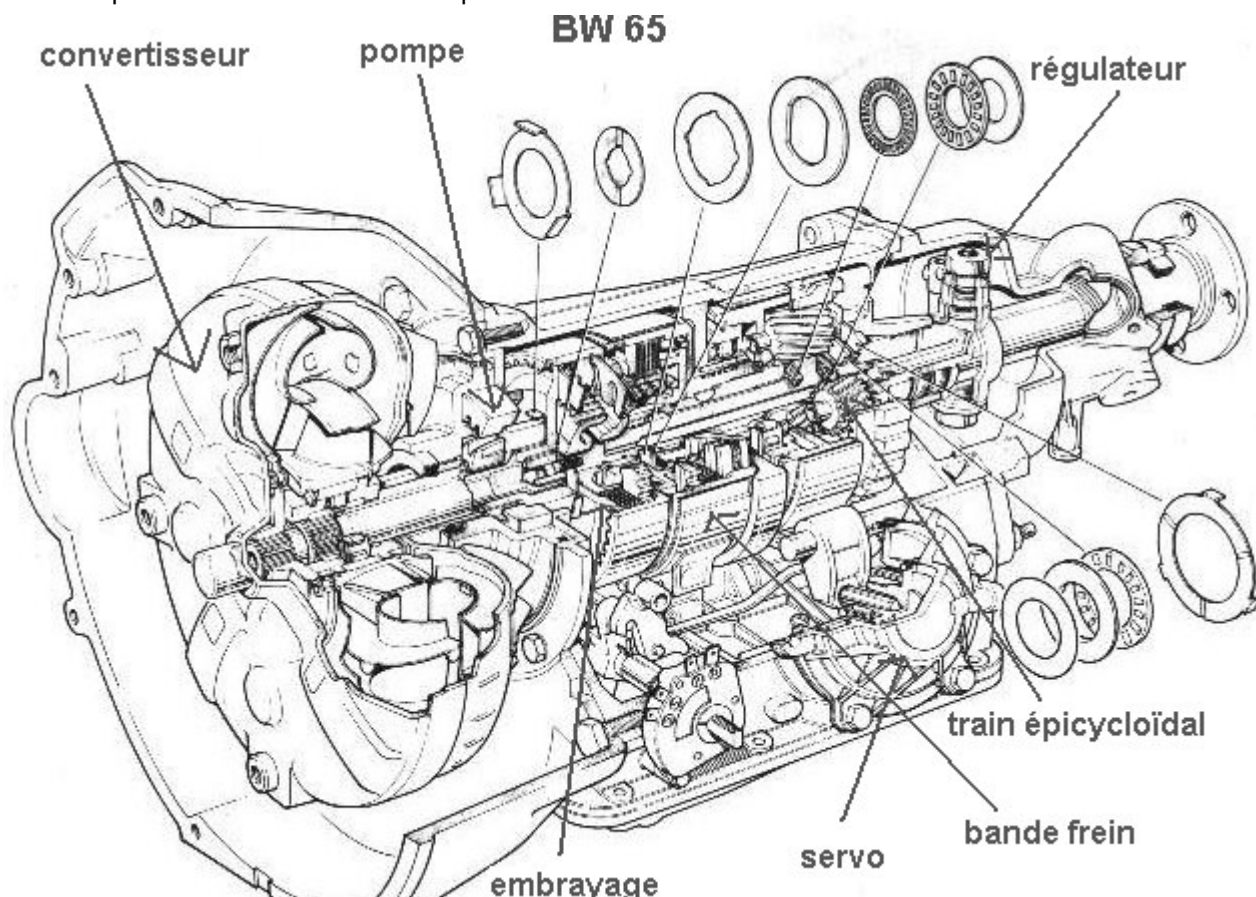
Trouver un garage qui accepte ne serait-ce que de **regarder** la boîte avant de proposer l'échange standard tient de la gageure.

Pourquoi me direz vous ?

Et bien c'est simple : il n'y a rien de bien concret à voir, et même les bons mécanos n'y comprennent rien. C'est pour cette raison que l'on a vu des boîtes échangées alors qu'elles ne souffraient que d'un niveau d'huile un peu bas ou d'un régulateur bloqué par l'inactivité...

Le fonctionnement hydraulique

Nous n'allons pas entrer dans les détails, je vous invite pour les plus motivés à plonger dans le manuel d'atelier qui comprend une rubrique de présentation très complète, mais plutôt destinée à des férus de mécanique.



LES CAHIERS TECHNIQUES

La boîte automatique

Une boîte automatique est composée de trois éléments principaux : le convertisseur de couple, le corps de soupapes, et le train épicycloïdal. La lubrification et l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'ensemble sont fournies par un fluide Hydraulique (ATF pour **A**utomatic **T**ransmission **F**luid) qui est en fait une huile spéciale reconnaissable à sa couleur rouge cerise. Cette huile est mise sous pression grâce à une pompe située dans la boîte, entraînée quand le moteur tourne.

Le convertisseur de couple

C'est le dispositif qui remplace l'embrayage d'une transmission classique. Il permet de ne pas caler à l'arrêt car il se désaccouple de lui-même lorsque le régime moteur est proche du ralenti. Enfin, il démultiplie le couple lors de la phase d'accélération ce qui permet d'obtenir des démarrages vigoureux, et satisfaisants en côte prononcée sans avoir recours à un rapport de démultiplication trop court. Il est composé de trois éléments disposés dans un carter extrêmement robuste fixé au volant moteur. Ce carter est scellé et étanche, fermé par un cordon de soudure.

Schématiquement on peut se représenter le fonctionnement d'un convertisseur de couple en imaginant deux ventilateurs posés l'un en face de l'autre. Si l'un des ventilateurs est alimenté en électricité et se met à tourner, l'autre va tourner aussi, entraîné par le courant d'air. C'est exactement ce qui se passe dans le convertisseur de couple, l'air étant remplacé par de l'huile, et les ventilateurs prenant les noms d'«**impulseur**», ou pompe (côté moteur) et «**récepteur**» ou turbine (côté boîte).

Pour être moins caricatural, avouons que ces éléments ressemblent d'avantage à des roues à aubes qu'à des hélices. Ajoutons que le fonctionnement du dispositif n'est pas aussi simple, et laissons la place au Chef d'Escadron Fourdinier qui a fort bien expliqué le fonctionnement de ce dispositif dans la « revue du train » datée du troisième trimestre 1958, c'est un article décrivant de manière quelque peu dithyrambique le convertisseur du système Transfluide de Renault, mais tout à fait transposable à nos Jaguar.

Afin de faciliter la compréhension du principe de fonctionnement du convertisseur, considérons un bol contenant un liquide (huile par exemple) et animé d'un mouvement de rotation, petit à petit le liquide s'anime à son tour d'un mouvement de rotation qui va en s'accroissant (Figure 1). Lorsque le bol est animé d'un mouvement suffisamment rapide, le liquide s'échappe par le haut sous l'effet de la force centrifuge tangentielle aux parois du bol.

Si l'on prend la précaution de coiffer ce bol par un second de mêmes dimensions, renversé sur le premier de façon à réaliser une sphère étanche, chaque goutte de liquide s'échappant du premier bol vient frapper les parois du

second avec une certaine énergie et ce dernier se met à tourner lentement d'abord (Figure 2), puis de plus en plus vite et dans le même sens que le premier, chaque goutte du liquide retombant ensuite dans le bol inférieur (Figure 3). Le liquide est ainsi animé d'un mouvement hélicoïdal. Au bout d'un certain temps les deux bols tournent à la même vitesse. La masse du liquide est alors complètement centrifugée, elle se maintient à hauteur du diamètre horizontal de la sphère (Figure 4) constituant une sorte de clavetage liquide. On dit alors que les deux bols sont couplés.

Le convertisseur hydraulique de couple se compose de trois éléments :

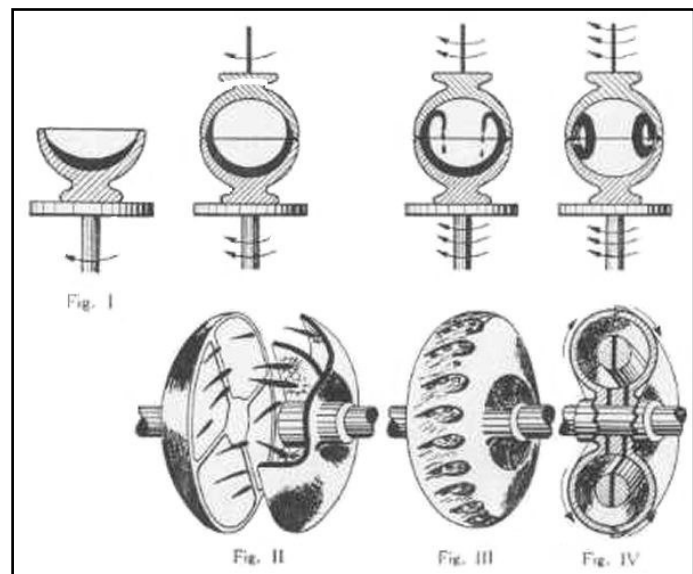
Un premier volant entraîné par le moteur et garni d'aubages : l'**impulseur**.

Un second volant garni également d'aubages et solidaire de la transmission : le **récepteur**.

Un rotor ou **défecteur** à roue libre intercalé entre les précédents.

Le liquide utilisé est de l'huile.

L'impulseur projette l'huile vers le récepteur, lequel se met progressivement en mouvement. Grâce à la forme des aubages, la mise en mouvement de l'huile est très rapide, son écoulement est régularisé et le couplage est accéléré. Le défauteur a pour but de redresser le courant d'huile à la sortie du récepteur de façon à le renvoyer vers l'impulseur avec une orientation telle que son action vienne s'ajouter à l'énergie fournie par le moteur. De cette façon, le couple de l'impulseur devient supérieur au couple moteur (2,2 au départ) : il diminue progressivement jusqu'au moment du couplage. C'est cette multiplication du couple qui différencie le convertisseur hydraulique de l'embrayage hydraulique. Dans ce dernier, comme dans tout embrayage, l'arbre récepteur ne reçoit, au maximum,



LES CAHIERS TECHNIQUES

La boîte automatique

que le couple moteur.

Lorsque le couplage est obtenu, l'huile ne touche plus les aubages du déflecteur qui ne joue plus alors aucun rôle.

Dans une transmission classique, la multiplication appropriée du couple moteur est le rôle de la boîte de vitesses.

Le convertisseur hydraulique de couple remplit donc simultanément le rôle de l'embrayage et celui de la boîte de vitesses. De plus, contrairement à ce qui se passe dans une boîte de vitesses classique, avec le convertisseur, la multiplication du couple est infiniment variable et continue. C'est donc une boîte qui fournirait des milliers de rapports successifs.

Le train épicycloïdal

Ce dispositif est un ensemble d'engrenages composé de trois éléments principaux :

le planétaire central, aussi appelé « sun gear » dans la littérature technique en anglais

le train satellite et son arbre

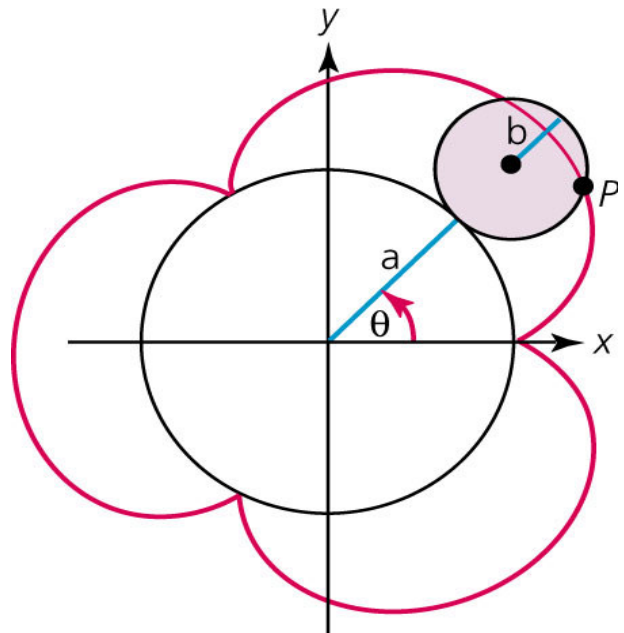
une couronne à denture interne et son arbre

On peut noter que les pignons satellites sont soumis à deux mouvements principaux :

rotation autour de leur axe

révolution de leur axe autour de l'axe du planétaire central

Les dents des pignons satellites décrivent dans leur mouvement une épicycloïde, d'où le nom de ce système de démultiplication.



Une épicycloïde

Dans notre boîte automatique, les rapports de boîte sont sélectionnés par les embrayages et les bandes freins, qui sont actionnés par la force hydraulique fournie par la pompe à huile.

Notons que le fonctionnement de la première vitesse implique que la couronne est fixe tandis que les pignons satellites tournent à grande vitesse à l'intérieur. C'est cette vitesse relative élevée qui explique le sifflement habituel de nos boîtes sur le premier rapport !

Le bloc de commande (corps de soupapes ou valve body)

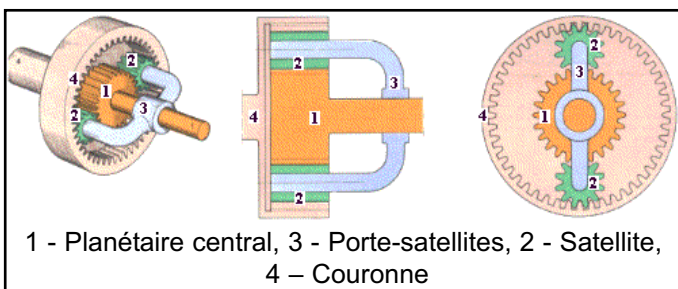
C'est le cerveau de la boîte.

L'aspect labyrinthisme de ce composant est étonnant de complexité, et fait vraiment penser à un circuit imprimé électronique. Et ce n'est pas par hasard, la fonction en est tout à fait comparable, il s'agit d'une unité logique dotée d'une partie commande avec des capteurs, et d'une partie puissance qui actionne les bandes freins et les embrayages. Les composants électroniques sont remplacés par les soupapes tarées avec des ressorts et les clapets à une voie.

Les capteurs principaux sont le régulateur situé à l'arrière de la boîte qui indique la vitesse du véhicule, et le câble (ou la capsule à dépression, parfois appelée modulateur) qui indique au corps de soupape la position de la pédale d'accélérateur

Plus la vitesse du véhicule augmente et plus la pression fournie par le régulateur est forte. Idem pour le câble, plus le conducteur appuie sur la pédale, plus la pression fournie par le tiroir commandé par le câble est forte.

Et c'est là qu'il faut comprendre deux notions fondamentales



1 - Planétaire central, 3 - Porte-satellites, 2 - Satellite, 4 - Couronne

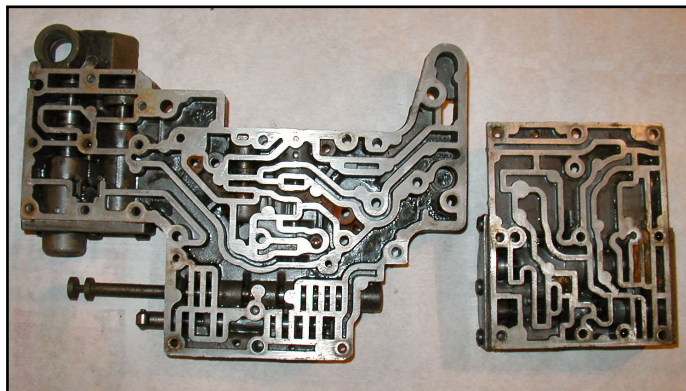
En adaptant des dispositifs de commande aux différents trains permettant de les immobiliser ou de les libérer, on peut obtenir un nombre assez important de combinaisons en regard du faible nombre de pignons.

Les deux avantages principaux des trains épicycloïdaux dans leur utilisation à l'intérieur d'une boîte automatique sont leur faible encombrement, le peu de mouvement nécessaire à la sélection d'un rapport, et surtout le fait que l'on puisse changer de rapport sans débrayer, ce qui est une très bonne chose puisque le convertisseur passé le régime de ralenti est constamment embrayé !

LES CAHIERS TECHNIQUES

La boîte automatique

tales du fonctionnement du corps de soupapes, la pression de ligne résulte de l'équilibre entre la pression de régulateur et celle de câble de commande. Plus la boîte est sollicitée et plus la pression qui actionne les embrayages et les bandes freins (pression de ligne) doit être élevée sous peine de patinage et de destruction rapide de la



CORPS DE SOUPAPES BORG WARNER 65

transmission. En revanche en cas de conduite douce avec de faibles accélérations la pression n'a pas à être élevée, un certain patinage entre le passage des rapports est souhaitable pour le confort de conduite. C'est pourquoi le bloc de commande fait la balance entre la pression fournie par le câble d'accélérateur et le régulateur.

Plus l'accélérateur est enfoncé et plus forte sera la pression de ligne plus le passage des rapports sera tardif, la pression délivrée par le régulateur étant combattue par la pression délivrée par le tiroir de câble d'accélérateur !

En revanche si la vitesse augmente et que la pression de câble est faible (accélérateur peu enfoncé), la pression de ligne sera faible ET le passage des rapports aura lieu très tôt.

Précautions à prendre

Ne jamais remorquer une Jaguar à boîte automatique : si les roues arrière sont entraînées et que le moteur ne tourne pas, la boîte n'est plus lubrifiée sous pression et les risques de surchauffe entraînant une destruction rapide sont très élevés.

Vérifier fréquemment le niveau d'huile, car les défauts d'étanchéité ne sont pas rares. Le joint torique du convertisseur de couple a tendance à devenir incontinent avec l'âge, ainsi d'ailleurs que le joint du carter d'huile.

vidanger régulièrement (tous les 40.000 kms maximum, ou tous les deux ans). Changer systématiquement la crépine (ne pas essayer de la nettoyer !).

Vérifier l'état de l'échangeur eau-huile (quand il existe) . Ce dispositif sert à stabiliser la température de l'huile de boîte, si le serpentin laisse passer du liquide de refroidissement dans la boîte, c'est le début de la fin. Pour vérifier l'étanchéité du serpentin il faut y injecter de l'air comprimé

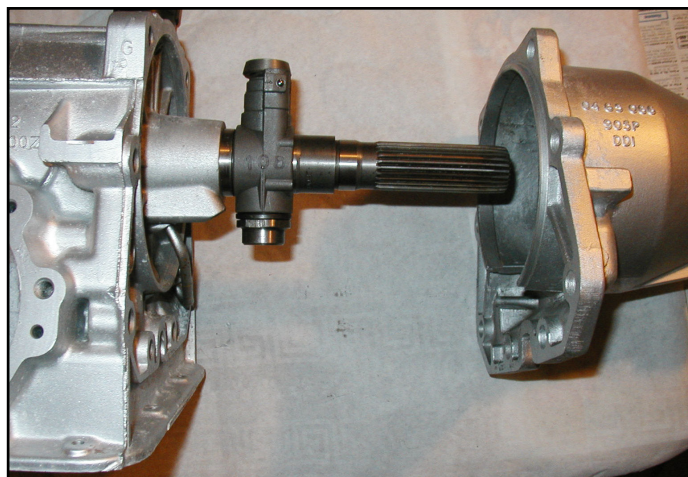
après l'avoir immergé dans l'eau, si des bulles apparaissent il est hors service !

Résolution des problèmes éventuels

En cas de mauvais fonctionnement de la transmission, voici quels sont les points sur lesquels il est possible d'intervenir :

- Vérification du niveau d'huile, de sa qualité, vidange et changement de la crépine
- Vérification de l'emmanchement ferme des tuyaux au dessus du carter d'huile (spécialement sur BW 65 et 66)
- Vérification du régulateur centrifuge (governor en anglais)
- Vérification de la commande par câble ou de la capsule à dépression
- Vérification de l'interrupteur de Kick down, et de sa commande, souvent grippée
- Sur les modèles à gestion électronique (4HP24), il faut avoir accès à un système de diagnostic informatique (la valise). Le fonctionnement de la boîte est géré par un boîtier électronique lui même en communication avec le boîtier de gestion du moteur. On laisse faire les spécialistes donc...

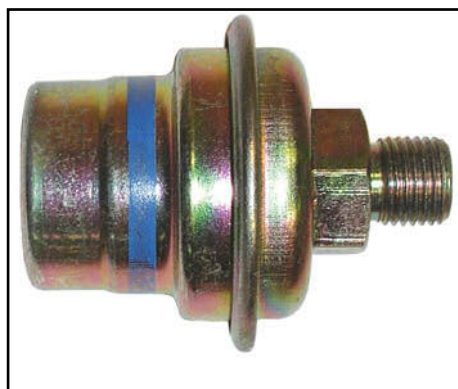
Si rien n'y fait il ne reste plus qu'à démonter et réviser la transmission, car comme il va falloir tout mettre à plat pour essayer de trouver le joint fautif, le ressort cassé ou le tiroir bloqué, autant tout remettre en état lors du remontage.



LE RÉGULATEUR, ACCESSIBLE SANS DÉPOSER LA BOÎTE, DERRIÈRE LE CARTER ARRIÈRE

LES CAHIERS TECHNIQUES

La boîte automatique



MODULATEUR (CAPSULE) DE
TH400

La remise en état

Comme vous allez le voir dans l'article suivant (Bulletin 9), la remise en état d'une transmission automatique (la BW65 dans notre cas) consiste avant tout en un examen exhaustif de toutes les pièces constituant la boîte, un nettoyage approfondi de tous les conduits hydrauliques, et le remplacement des bandes freins, disques d'embrayages, bagues et joints.

Si la panne qui a précédé la remise en état a occasionné une surchauffe sévère de la transmission, voire la casse d'un élément, il est craindre que la boîte soit complètement irrécupérable, il faudra alors se tourner vers une boîte d'occasion qui pourra donner tout ou partie de ses organes afin de procéder à la remise en état.

Modifications-Améliorations

Il est possible d'adapter une transmission ZF4HP22 sur les XJ des trois premières séries à la place des unités à trois rapports, et ainsi de profiter de tous les avantages qui y sont liés. Le problème est qu'il faut fabriquer un carter de convertisseur sur mesure, ou une entretoise spéciale. Certaines sociétés (Whitehouse en Grande Bretagne par exemple - <http://www.gwautos.com/>) fournissent des kits complets qu'il suffit de monter, toutes les pièces sont fournies avec une boîte reconditionnée.

Pour améliorer les boîtes GM TH400, il existe des kits permettant de donner un fonctionnement plus réactif à la transmission, un kick-down (rétrogradation lorsque on appuie à fond sur la pédale d'accélérateur) plus franc, des passages de rapport à un régime moteur plus élevé, voire de transformer la transmission en boîte manuelle, sans embrayage...

Je n'ai pas encore essayé ces transformations, mais les

amateurs d'autos américaines sportives des années 60 et 70 les pratiquent régulièrement.

L'avenir

La tendance est à la multiplication des rapports (jusqu'à 8 actuellement), en juxtaposant les trains épicycloïdaux qui « communiquent » entre eux grâce à de multiples arbres concentriques, et à la gestion informatisée de toutes les fonctions. On peut légitimement se demander si la transmission manuelle ne va pas tout bonnement disparaître à terme, restant l'apanage des motocyclettes et de quelques véhicules sportifs ?

Remarquons cependant que les kits de conversion en boîte manuelle fleurissent autant que les conversions boîtes auto « classique » vers ZF modernes à 4 rapports. Qui n'a jamais rêvé d'une XJ12 manuelle ? Parfois la recherche de confort pour la conduite de tous les jours trouve son pendant dans la recherche d'un certain 'plaisir de conduire' à l'ancienne, de plus en plus souvent étouffé par des aides à la conduite omniprésents.

Sources bibliographiques

- Manuel d'atelier Jaguar
- Manuel Haynes
- www.wikipedia.org
- site Renault Frégate www.renault-fregate.org
- Philippe Boursin <http://pboursin.club.fr/>
- www.zf.com
- Jaguar Parts Catalogue

