

# Manuel Turbo

1. **Introduction**
2. **Histoire du turbo**
3. **Technique**
  - Le moteur à combustion
  - Suralimentation
    - Suralimentation à impulsion
    - Suralimentation mécanique
    - Turbocompression
    - Suralimentation à double étage
4. **Le turbo**
  - Avantages et inconvénients
  - Structure et composants
    - Le compresseur
    - Le ensemble tournant
    - La turbine
5. **Composants supplémentaires**
  - L'intercooler
  - Montage en parallèle
  - Montage en série
6. **Evolution à travers les âges**
  - Turbo et électronique
  - Technique de la turbine variable
  - Le VNTOP
7. **Dégâts au turbo**
  - Remplacer ou pas ?
  - Identifier la cause de la panne
    - Lubrification insuffisante
    - Impact d'objets
    - Impuretés dans l'huile
    - Contre-pression trop élevée des gaz d'échappement
    - Température trop élevée des gaz d'échappement
    - Formation de fissures
    - Fatigue des matériaux
8. **Problèmes et solutions**
  - Analyse du problème de turbo
9. **Liste de contrôle qualité**
10. **Dans l'atelier**
  - Le processus de nettoyage
  - Le processus de traitement de surface
  - Le processus de contrôle
  - Le processus d'équilibrage
11. **Faites le test turbo**
  - Test à choix multiple



*Cher lecteur,*

Le présent manuel est un ouvrage dédié aux turbocompresseurs et vous est offert par la société Turbo's Hoet. Notre société se consacre entièrement aux turbos. Vous trouverez sur notre site [www.turbos-hoet.fr](http://www.turbos-hoet.fr) une grande variété de données, allant du détail technique et l'analyse de panne turbo, jusqu'au prix d'un turbocompresseur en particulier, et bientôt vous pourrez le commander en ligne.

Pour la plupart des professionnels de l'automobile, le remplacement d'un turbocompresseur fait partie des activités quotidiennes. Pourtant, certains mécaniciens ont encore une certaine retenue lorsqu'il s'agit d'intervenir à ce niveau. La lecture de ce manuel devrait les aider à surmonter cette crainte. Cet ouvrage retrace l'historique du turbocompresseur, examine les particularités techniques des turbos modernes et accorde une attention importante aux aspects pratiques à savoir lors d'une intervention sur turbo.

Le manuel a pour objectif de rendre abordable à tout professionnel l'intervention turbo, qui n'est pas un travail de spécialiste. Accompagné des données techniques de Turbo's Hoet et le kit de montage (set de montage comprenant les joints, les boulons, les écrous et un manuel de montage précis) fourni avec chaque turbo, le remplacement professionnel du turbocompresseur est garanti.

Ce manuel a été réalisé avec beaucoup d'attention. Il a été écrit pour mettre en confiance le mécanicien qui veut intervenir au niveau d'un turbo. Si toutefois certaines questions subsistent, n'hésitez pas à nous contacter par mail [contact@turbos-hoet.fr](mailto:contact@turbos-hoet.fr) ou par téléphone dans une de nos agences. Peut-être votre question nous aidera-t-elle à améliorer la prochaine édition. Bonne lecture!

[www.turbos-hoet.com](http://www.turbos-hoet.com)

## 1. INTRODUCTION



## 2. HISTOIRE DU TURBO

***Le turbo existe depuis presque aussi longtemps que le moteur à combustion. Dès 1885 et 1896, Gottlieb Daimler et Rudolf Diesel étudiaient de nouvelles possibilités d'augmenter la puissance et de réduire la consommation de carburant par l'introduction d'air comprimé.***

Ce fut le Suisse Alfred J. Büchli qui, en 1905, développa et défini le principe du turbocompresseur ou turbo. Il obtint un gain de puissance de 40 pour cent et le turbo fut ainsi officiellement lancé dans l'industrie automobile.

En 1938, le fabricant Swiss Machine Works Saurer a construit le premier moteur turbo pour poids lourds. En 1961, le fabricant de poids lourds suédois Scania lança le premier moteur turbo standard intégré. A cette époque, il s'agissait d'une étape assez révolutionnaire, parce que chez les autres marques, les turbos ne s'étaient pas révélés vraiment fiables. Un an plus tard, ce fut au tour des turbos pour véhicules particuliers. Leur manque de fiabilité fit que ceux-ci furent rapidement retirés du marché.

Dans les années 70, le turbo fit son entrée dans le sport automobile. Le moteur turbo était très recherché notamment en Formule 1, ce qui contribua à familiariser le grand public avec le terme « turbo ». Les constructeurs répondirent à cela en équipant leurs modèles haut de gamme. Il était cependant un peu tôt pour pavoiser, car les premiers turbos commerciaux n'étaient pas particulièrement économes en carburant. En outre, de nombreux conducteurs estimaient que le « trou à l'accélération » du turbo était trop important.

Le grand jour pour le moteur turbo destiné aux poids lourds survint en 1973, juste après la crise du pétrole. A partir de cette époque, le turbo a connu un succès grandissant qui persiste encore aujourd'hui. Fin des années quatre-vingt, la sensibilité croissante aux problèmes de l'environnement entraîna des exigences plus sévères en matière d'émissions. Cela eut pour résultat l'équipement en turbo de nombreux poids lourds. A l'heure actuelle, presque tous les moteurs de poids lourds sont d'ailleurs équipés d'un turbo.

La véritable percée des moteurs turbo dans les véhicules particuliers eut lieu en 1978, l'année du lancement de la Mercedes Benz 300 TD (photo 2.1). En 1981 suivit la VW Golf turbo diesel. Ce fut une étape importante, car pour la première fois, un moteur diesel (équipé d'un turbo) fournissait presque autant de puissance qu'un moteur à essence sans turbo, tout en réduisant fortement les émissions de substances nocives.



2.1 Mercedes 3.0 litres Turbo Diesel



### 3. TECHNIQUE

***Chaque moteur développe une certaine puissance. Dans un moteur à combustion, cette puissance est fournie par une combinaison de carburant, d'oxygène et de température d'inflammation. En modifiant chacun de ces trois facteurs, la puissance du moteur change.***

Si, pour une température donnée, nous voulons plus de puissance, il faudra apporter plus de carburant et d'oxygène. Cela exige une plus grande cylindrée et génère un moteur plus gros, plus lourd et plus cher. Bien entendu, la vitesse d'alimentation en carburant et oxygène peut également être augmentée, ce qui fait croître le régime moteur. Le désavantage est toutefois que les pièces du moteur s'usent plus rapidement.

#### **Suralimentation**

La puissance du moteur peut être augmentée en comprimant l'air nécessaire pour la combustion avant son entrée dans le moteur. Cet air comprimé peut être amené de plusieurs manières: par impulsion, par turbocompression (turbocharging), par suralimentation mécanique (supercharging) ou par suralimentation à double étage (turbocharging).

#### **Suralimentation à impulsion**

La suralimentation à impulsion reçoit la pression nécessaire des gaz d'échappement, mais il y a également un entraînement mécanique entre le moteur et la suralimentation. Cette forme de suralimentation est très peu utilisée à l'heure actuelle.

#### **Suralimentation mécanique**

Dans le cas de la suralimentation mécanique (supercharging), la pression nécessaire est fournie par le vilebrequin, la liaison mécanique entre le moteur et la suralimentation.

Il existe des types de suralimentation mécanique avec et sans compression interne.

L'un des types de compresseurs sans compression interne les plus utilisés est le Roots, qui doit son nom aux frères Roots. Ce type de compresseur – dont le développement a été poursuivi par Mercedes – fonctionne comme une pompe: lorsqu'il fournit plus d'air que le moteur ne peut en aspirer, une surpression se crée dans l'admission. Le compresseur à spirale – également appelé « G-Lader » - est un exemple de compresseur qui utilise la compression interne. Dans le passé, Volkswagen en a fait usage. Entre-temps, sa production a été arrêtée pour cause de coûts élevés.

#### **Turbocompression**

Les turbocompresseurs fonctionnent selon le principe de la pression constante. Le turbocharger n'est en fait rien d'autre qu'un compresseur entraîné par les gaz d'échappement. La turbine est actionnée par l'énergie présente dans les gaz d'échappement. Plus il y a d'énergie dans les gaz d'échappement, plus le régime de la turbine est élevé.

#### **Suralimentation à double étage**

L'une des évolutions les plus récentes sur le plan du turbo est le système de suralimentation à double étage. Le processus commence par un petit turbo suivi d'un gros qui reprend l'alimentation d'air vers le moteur. Le résultat est un moteur diesel fournissant 20 pour cent de puissance supplémentaire, un couple plus important à bas régime et une plage de régime plus large.



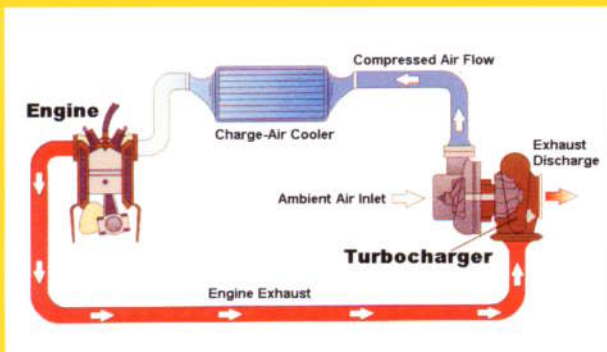
## 4. LE TURBO

*Les voitures devraient en fait posséder deux moteurs. Un pour pouvoir accélérer rapidement et l'autre pour maintenir une vitesse constante. Le montage d'un turbo offre une solution à ce problème.*

Le fonctionnement d'un turbo repose sur l'ajout d'air supplémentaire sous pression dans le moteur, afin que celui-ci développe plus de puissance et puisse fournir ainsi de meilleures performances. La technique peut sembler compliquée à première vue, mais elle repose sur des principes simples.

Dans les cylindres, la combustion a lieu à partir de carburant et d'oxygène. Les gaz d'échappement sortant du cylindre entraînent la roue de turbine dans le turbo. Celle-ci est reliée, par un axe rigide, à une roue de compresseur qu'elle entraîne. En tournant, la roue de compresseur aspire à son tour de l'air et le compresse. Dès que la soupape d'admission s'ouvre, l'air comprimé pénètre dans le cylindre (photo 4.1).

Il existe plus ou moins un équilibre de puissance entre la turbine et le compresseur du turbo. Plus les gaz d'échappement fournissent de l'énergie, plus le régime de la turbine et donc du compresseur est élevé. De cette manière, la quantité d'air pompée dans le moteur est plus importante et celui-ci peut fournir plus d'énergie.



4.1 Diagramme du turbocompresseur

Le turbo et le moteur ne sont pas reliés mécaniquement entre eux, mais uniquement par l'écoulement de l'air d'admission et des gaz d'échappement. Le régime du turbo ne dépend pas non plus du régime du moteur, mais bien de la puissance du moteur. Lorsqu'une quantité plus importante de carburant parvient dans le moteur, les gaz d'échappement s'écoulent plus rapidement. Le turbo va alors tourner plus vite, la pression va augmenter et une plus grande quantité d'air sera pompée dans les cylindres, de sorte qu'il sera possible d'ajouter à nouveau plus de carburant. Le résultat est toujours une meilleure combustion d'une plus grande quantité de carburant et, à cylindrée égale, une plus grande puissance du moteur.

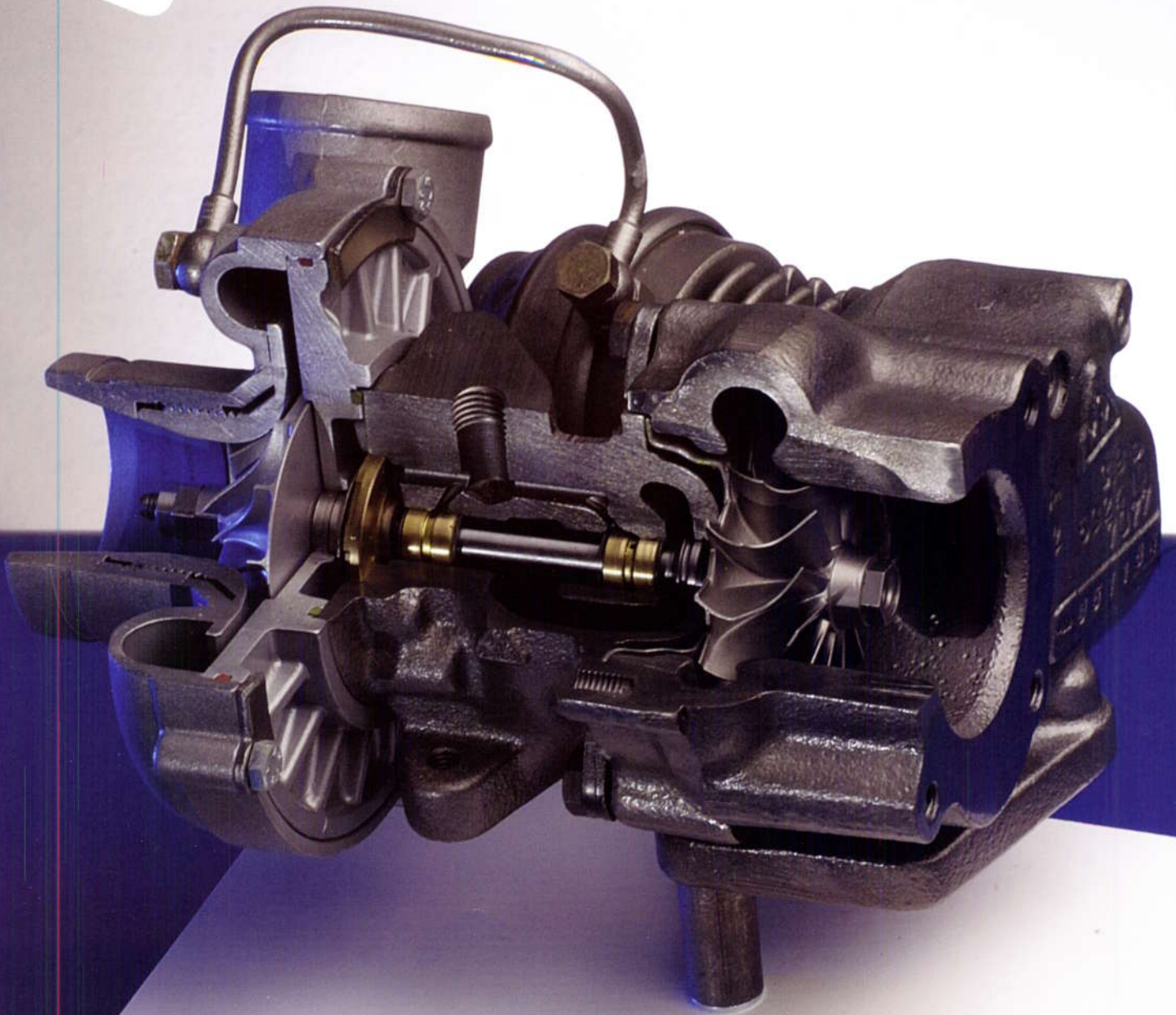
### Avantages et inconvénients

Le turbo offre beaucoup d'avantages. Mais pourquoi les fabricants de moteurs automobiles ne montent-ils pas le turbo de série? Nous avons passé pour vous en revue les avantages et inconvénients du turbo. Un moteur turbo offre des avantages techniques et économiques par rapport à un moteur atmosphérique.

1. Le rapport poids/puissance d'un moteur turbo est plus avantageux; avec un turbo, il est possible d'obtenir une puissance relativement importante avec un moteur relativement petit.
2. Un moteur turbo offre une consommation de carburant plus avantageuse, surtout sur les longues distances.
3. La combustion du carburant est meilleure dans un moteur turbo, ce qui réduit les émissions de substances nocives.
4. Un moteur turbo fait moins de bruit qu'un moteur atmosphérique; en effet, le turbo agit également comme un silencieux supplémentaire.
5. Les performances d'un moteur turbo sont meilleures à haute altitude. Le turbo fournit plus d'énergie parce que la contre-pression de l'air raréfié à haute altitude est plus faible, de sorte que le moteur fournit presque la même puissance qu'à plus faible altitude.



# Manuel turbo





## 4. LE TURBO

L'utilisation d'un moteur turbo présente toutefois aussi des désavantages, qui sont déjà ou pourront être résolus par les progrès techniques.

1. Le « trou à l'accélération ». Le turbo ne commence réellement à fonctionner qu'à un certain régime. Le turbo est entraîné par les gaz d'échappement et ceux-ci ne sont libérés en grande quantité qu'à un régime élevé.
2. La chaleur. Un turbo est entraîné par les gaz d'échappement et ceux-ci atteignent facilement des températures de 800 degrés Celsius et plus. A cause de ces températures élevées, l'air d'admission est réchauffé. Or, l'air chaud est moins riche en oxygène, ce dernier étant nécessaire pour une bonne combustion.
3. La charge supplémentaire. La puissance plus élevée constitue une charge plus importante pour le moteur, de sorte que celui-ci aura dans l'ensemble une durée de vie plus courte. Ce désavantage peut être compensé en roulant toujours à chaud et en laissant bien refroidir le moteur après l'arrêt.

### Structure et composants

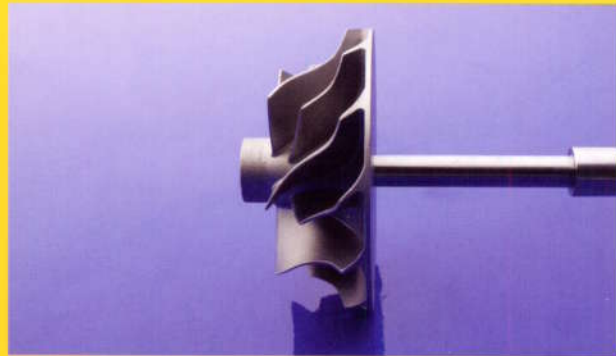
Un turbo est constitué de trois composants principaux: le compresseur, l'ensemble tournant et la turbine.

#### Le compresseur

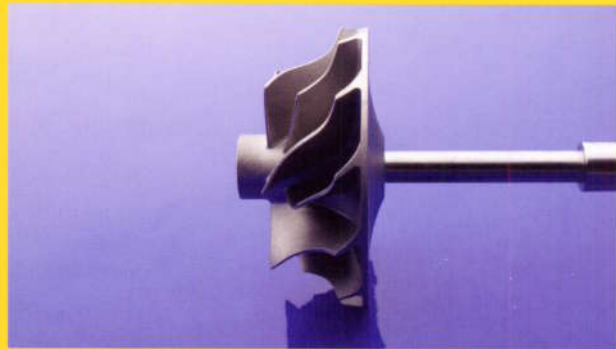
Le carter en aluminium et la roue de compresseur forment ensemble le compresseur. Leur forme est déterminée par les spécifications du moteur. La forme du carter entraîne la compression de l'air qui est ensuite dirigé sous pression vers la chambre de combustion.

Le carter compresseur contient la roue de compresseur qui est montée de manière rigide sur l'arbre de turbine. Cela implique qu'elle tourne aussi vite que la roue de turbine. Les pales de la roue de compresseur ont une forme telle que l'air est aspiré via la roue. L'air aspiré est guidé vers l'extérieur de la roue de compresseur et est pressé contre la paroi du carter. L'air est ainsi comprimé et ensuite envoyé dans le moteur via la tubulure d'admission.

Etant donné les énormes vitesses de rotation atteintes par les turbos actuels, des exigences particulièrement élevées sont imposées aux pièces moulées de la roue de compresseur. Nous avons vu ainsi les roues de compresseur plates (photo 4.2) être remplacées par des roues de compresseur dont la partie arrière est renforcée (photo 4.3). La dernière évolution réside dans les roues de compresseur dites « boreless » (photo 4.4). La roue de compresseur n'est plus entièrement perforée afin de pouvoir mieux supporter ainsi les vitesses de rotation élevées.



4.2 Roue de compresseur flatback

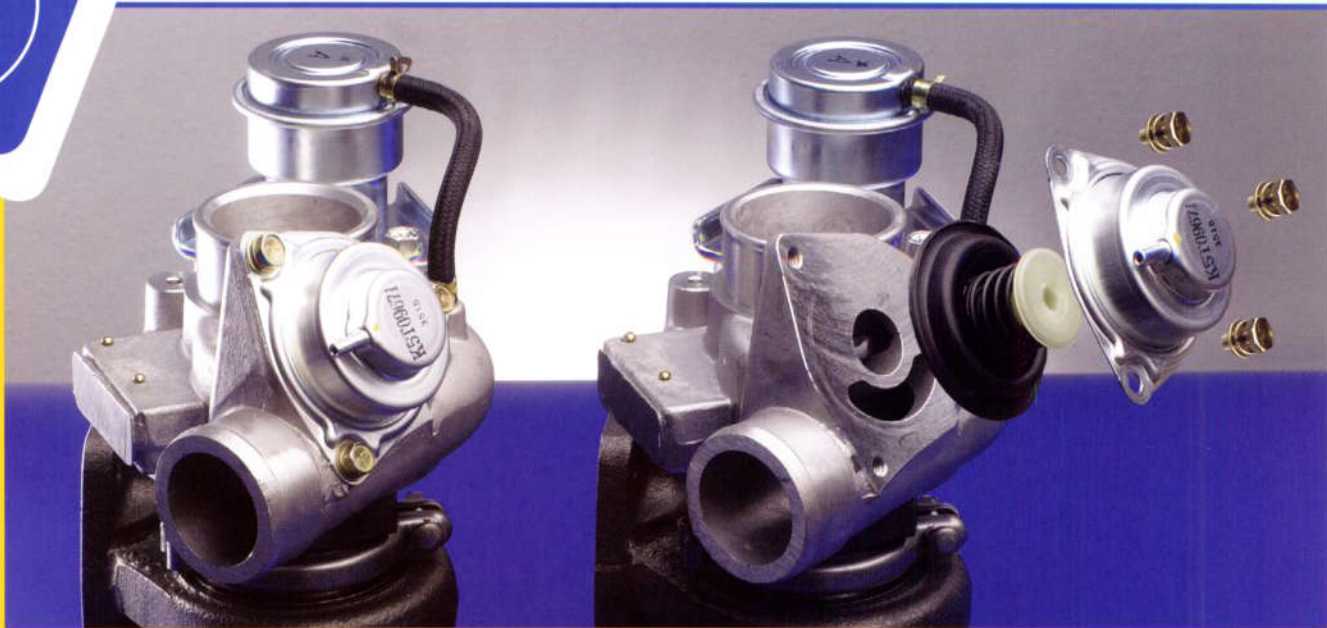


4.3 Roue de compresseur superback

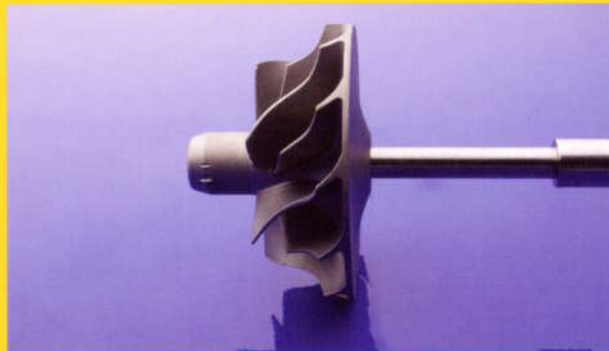




# Manuel turbo



4.5 Structure d'une soupape de recirculation



4.4 Roue de compresseur boreless superback

Ces mesures permettent de réduire toujours plus le risque de fatigue des matériaux due à une longue sollicitation de la roue de compresseur.

De plus en plus souvent, les turbos sont équipés d'une soupape dite de « recirculation » placée à la sortie du compresseur. La soupape s'ouvre automatiquement lorsque la pression dans l'admission d'air tombe. De ce fait, l'air à la sortie du compresseur est redirigé vers l'entrée du compresseur. Lors d'une décélération ou d'un freinage, la soupape veille à maintenir la vitesse du turbo, afin que celui-ci soit immédiatement disponible lors d'une nouvelle accélération (photo 4.5).

## 4. LE TURBO

### L'ensemble tournant

L'ensemble tournant forme la partie centrale du turbo et est monté entre le carter compresseur et le carter turbine. Le carter palier loge toutes les composantes de l'ensemble tournant.

L'arbre rigide de turbine, bordé des deux côtés de roues à pales, se situe dans le carter palier. Il tourne dans un système de paliers flottants avec un ou deux paliers radiaux. La position des pales de la roue de compresseur est inversée par rapport aux pales de la roue de turbine. Cette position crée une aspiration d'air depuis le filtre à air.

Le graissage de l'arbre et des paliers s'effectue par le circuit à huile du moteur. L'huile pénètre entre le carter palier et les paliers, mais aussi entre les paliers et l'arbre de turbine. Elle a non seulement un effet graissant, mais aussi un effet refroidissant sur l'arbre, les paliers et le carter palier.

Afin de maintenir le circuit d'huile fermé, des dispositifs d'étanchéité sont placés du côté turbine et du côté compresseur. Des deux côtés se trouvent des segments qui ne peuvent toutefois pas être considérés comme de véritables bagues d'étanchéité. Cela peut s'expliquer comme suit: s'il devait y avoir une pression trop faible des gaz d'échappement à cause de dégâts du côté de la turbine, une fuite d'huile se produirait du côté turbine du turbo.



### Saviez-vous que...

*...un turbo, pourvu qu'il soit bien entretenu et lubrifié, dure environ 120.000 km ? Et que votre conduite a une grande influence à ce sujet ?*

Ce même problème peut survenir du côté compresseur. S'il y a une contre-pression insuffisante du moteur, le turbo va en effet perdre de l'huile du côté compresseur. De ce fait, si l'on fait tourner le turbo sans que le tuyau de sortie du compresseur soit raccordé, une fuite d'huile va se produire. Ce phénomène illustre également le fait que les segments ne fonctionnent pas comme des bagues d'étanchéité.

La prévention des fuites d'huile du côté compresseur est assurée par le porte-segment, la plaque arrière et le segment. Le porte-segment est construit de manière à empêcher qu'une fuite d'huile survienne au ralenti. La plaque arrière est la plaque d'étanchéité pour le carter palier.

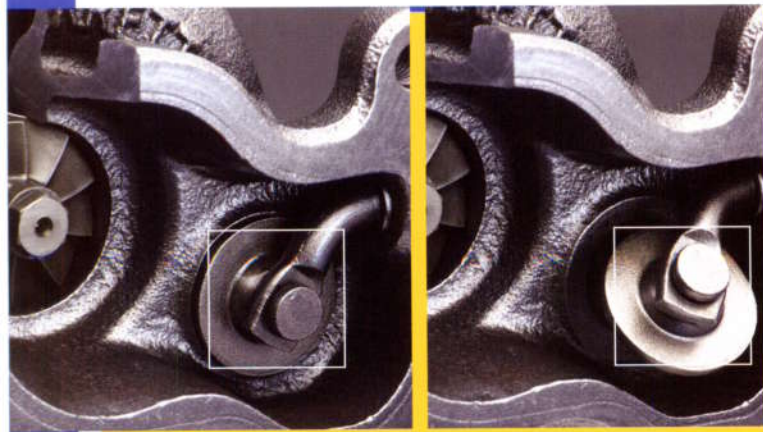




# Manuel turbo



## 4. LE TURBO



4.6 Soupape de surpression fermée 4.7 Soupape de surpression ouverte

### La turbine

Le carter et l'arbre de turbine forment ensemble la turbine. Le carter turbine est réalisé en fonte et résiste ainsi aux températures considérables qui sont atteintes. Celles-ci peuvent monter jusqu'à 800 °C.

La roue de turbine est entraînée par les gaz d'échappement. Ceux-ci sont dirigés par le collecteur d'échappement du moteur vers le carter turbine. L'orifice d'entrée des gaz d'échappement devenant de plus en plus petit, une accélération du flux des gaz d'échappement va se produire. La forme particulière en « escargot » du carter turbine permet le guidage des gaz autour de la roue de turbine, et ainsi elle tourne. La vitesse de rotation de la turbine est déterminée par sa forme, mais aussi par la vitesse de transition des gaz dans le carter turbine, qui à son tour est déterminé par la cylindrée, du régime et de la puissance du moteur.

L'arbre de la turbine est soudé à la roue de turbine et forme une liaison rigide avec le compresseur. L'arbre de turbine est creux à la hauteur de la soudure, afin de freiner le transfert de chaleur de la roue de turbine vers l'intérieur du turbo. C'est le principe du pont thermique. Coté turbine, l'arbre comporte une gorge contenant le segment. La portée des paliers radiaux sur l'arbre est spécialement durcie et lissée. L'autre extrémité de l'arbre, plus fine, traverse la roue de compresseur et est pourvue d'un filet, sur lequel se trouve un écrou de blocage destiné à caler la roue de compresseur.

Dans la plupart des cas, la pression est réglée par une vanne de surpression qui guide une partie des gaz d'échappement autour de la turbine si la pression devient trop élevée. Cette vanne – également appelée « wastegate » - est généralement pilotée par une soupape de régulation de pression. Cette soupape est une membrane montée et branchée sur le carter compresseur. A mesure que le turbo fournit plus de pression, la membrane veille à ce qu'une tringle ouvre le wastegate. Cela empêche la pression de devenir trop élevée (photos 4.6 et 4.7).

### Saviez-vous que...

*...un turbo peut tomber en panne à cause d'une bulle d'air dans la canalisation d'huile? Le turbo n'est pas lubrifié pendant un court laps de temps et cela peut être suffisant pour bloquer les paliers.*





# Manuel turbo





*La technique du turbo se développe sur plusieurs fronts. Cela vaut non seulement pour le turbo lui-même, mais aussi pour les suppléments. D'autre part, les fabricants explorent actuellement les limites de la technique afin de monter plusieurs turbos dans une voiture, en parallèle ou en série.*

### L'intercooler

Un turbo fonctionne avec de l'air comprimé. Par la compression de l'air, celui-ci se réchauffe et la teneur en oxygène diminue. Ceci est néfaste pour obtenir la combustion la plus optimale, car pour cela, il faut justement le plus d'oxygène possible dans l'air comprimé. L'air comprimé doit donc être refroidi et c'est la raison pour laquelle une sorte de radiateur d'air –l'intercooler- est souvent monté entre le turbo et le moteur. En effet, cet intercooler refroidit à nouveau l'air.

### Montage en parallèle

Il est possible d'incorporer plusieurs turbos. Notamment dans les moteurs en V, on peut opter pour plusieurs turbos plus petits. Les turbos plus petits entrent en action plus rapidement et réagissent donc plus tôt à la pédale d'accélérateur. Un autre avantage est que deux turbos plus petits fournissent un résultat plus rapide qu'un gros turbo. Il y a aussi quelques (petits) désavantages: deux turbos coûtent généralement plus cher qu'un seul gros turbo et la synchronisation peut exiger une précision rigoureuse. Une utilisation du passé est la Nissan 300 ZX, qui constitue un bel exemple de véhicule particulier utilisant deux turbos plus petits.

### Montage en série

Outre le montage de turbos en parallèle, il est également possible de monter des turbos en série. Les turbos sont véritablement placés sur une seule ligne, ce qui entraîne un effet amplificateur. Après avoir passé les deux turbos, les gaz d'échappement parviennent dans l'échappement.

Le principe des turbos montés en série a été testé en 2004 par BMW dans l'épuisant rallye Dakar. La technique du « Variable Twin Turbo » (VTT) fonctionne avec une suralimentation à double étage. Après qu'un petit turbo ait commencé, un gros turbo reprend au bon moment l'alimentation d'air vers le moteur. Avec son moteur diesel 3 litres VTT, BMW a réussi à obtenir 20% de puissance supplémentaire, plus de couple à bas régime et une plage de régime plus large (photo 5.1).



5.1 Le moteur diesel BMW Variable Twin Turbo

### Saviez-vous que...

*...la température moyenne des gaz d'échappement à l'entrée d'un turbo diesel atteignait 800 degrés Celsius? Et que dans le cas d'un turbo essence, elle pouvait même atteindre 1.000 degrés Celsius?*



## 6. EVOLUTION À TRAVERS LES ÂGES



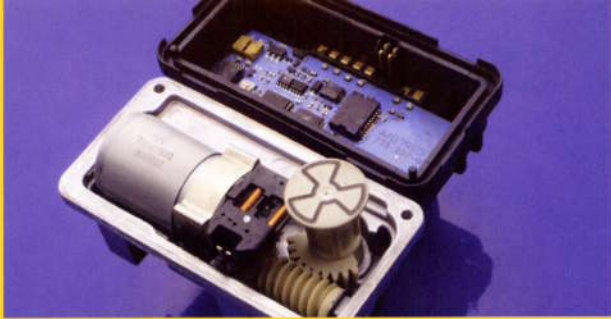
*Grâce à des pièces moulées à la perfection, de nouvelles techniques de compression et une meilleure résistance des matériaux utilisés, le futur a véritablement commencé. De nouvelles techniques font leur entrée et nous sommes à la veille d'évolutions potentiellement spectaculaires.*

Le turbo est particulièrement adapté à une utilisation dans le moteur diesel d'un poids lourd. Le turbo, en augmentant la puissance moteur, permet à ce dernier de rester relativement petit et à la charge utile de croître. C'est également pour cela qu'au début du nouveau millénaire, presque tous les moteurs diesel utilisés dans le transport de marchandises sont équipés d'un turbo. Les diesels modernes disposent d'une large plage de régime, ce qui implique qu'à bas régime, une pression de turbo élevée est nécessaire.

Comparativement à un moteur diesel, un moteur à essence développe beaucoup de puissance à haut régime, ce qui implique des températures de gaz d'échappement considérablement plus élevées. C'est la raison pour laquelle les turbos pour moteurs à essence sont fabriqués dans d'autres types de matériaux. Afin d'élargir la plage d'utilisation du turbo, on a recours à une wastegate équipée d'un dispositif de commande. Dans la conception de la wastegate, il est également tenu compte de la chaleur la plus élevée, afin que celle-ci puisse être évacuée plus efficacement.

Du reste, les turbos pour moteurs diesel paraissent presque identiques à ceux pour moteurs à essence. Afin d'éviter les erreurs, le fabricant Garrett a donné un signe distinctif aux différents turbos, où la forme du nez de la roue de turbine est nettement différente.





6.1 Commande électronique

L'industrie automobile doit répondre actuellement à de très lourdes exigences : toujours plus économe, plus propre, plus sûr, plus puissant et plus confortable. Avec les normes d'émissions qui deviennent plus sévères et la demande de moteurs plus petits, mais plus puissants, un rôle essentiel semble dévolu au turbo, notamment dans l'utilisation de turbos sur les moteurs diesel.

Avec l'optimisation de la mécanique et de l'électronique, le rendement des moteurs diesel devient de plus en plus important. Un avantage supplémentaire est qu'il faut répondre à des exigences toujours plus sévères en matière d'émissions. Les exigences futures pourront tout juste être satisfaites avec des moteurs qui possèdent la même cylindrée que les modèles actuels. L'utilisation d'un turbo peut alors apporter une solution.

### Turbo et électronique

A l'heure actuelle, des exigences de plus en plus sévères sont posées en matière de consommation de carburant, de valeurs d'émission et de niveau sonore. Afin de pouvoir répondre à ces exigences, il est nécessaire de chercher une solution dans l'électronique. De petits ordinateurs calculent pour chaque régime la pression optimale du turbo. De même, l'utilisation en série d'un dispositif de commande électronique – qui permet une réaction plus rapide du turbo – est une évolution qui se doit d'être mentionnée (photo 6.1).

### Technique de la turbine variable

L'une des limitations d'un turbocompresseur est le passage des gaz d'échappement dans le carter turbine. Lorsqu'on utilise un carter de turbine pourvu d'un passage étroit, le turbo fournira de bonnes performances à bas régime. Les bas régimes fournissent un flux de gaz d'échappement avec une faible pression. Grâce à l'étroitesse du passage, ce flux d'air est toutefois comprimé, ce qui fait naître une pression plus élevée.

Le désavantage d'un turbo pourvu d'un passage étroit est qu'il va atteindre rapidement son maximum de puissance. Dans le cas d'un carter de turbine pourvu d'un grand passage de gaz d'échappement, le problème s'inverse. Le turbo fonctionne parfaitement dans la plage d'utilisation élevée du moteur, mais à bas régime, il sera question d'une pression de turbo trop faible. Afin de résoudre ce dilemme, la taille du passage peut être variée. De cette manière, un usage optimal d'un grand et d'un petit passage est réalisé. On parlera dans ce cas de turbocompresseurs à géométrie variable (photo 6.2).

6.2 Turbocompresseur variable



## 6. EVOLUTION À TRAVERS LES ÂGES



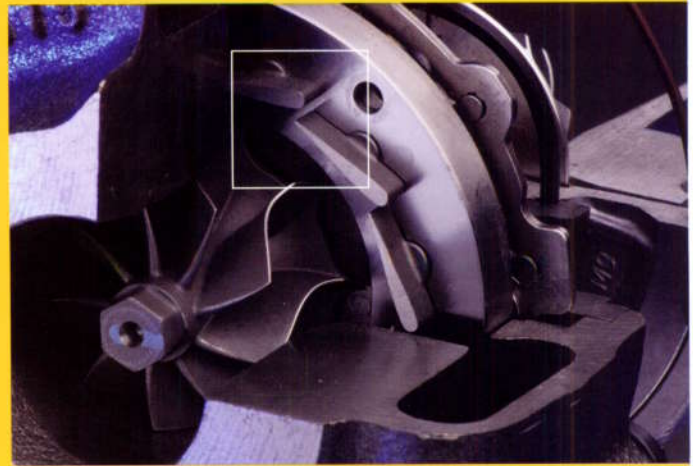


Grâce à l'utilisation de cette géométrie variable, la taille du passage du carter de turbine peut être adaptée à la vitesse et à la force de traction maximales demandées par le moteur. Pour résoudre ensuite le problème du moins bon fonctionnement du moteur à bas régime, il faut obtenir un passage plus étroit des gaz d'échappement. A cet effet, le carter de turbine est entouré de plusieurs vanes mobiles. Si le passage entre les vanes est réduit, une pression élevée des gaz d'échappement va naître. D'autre part, il est important que, par le réglage des vanes, l'angle sous lequel les gaz d'échappement rencontrent la roue de turbine puisse être modifié.

Lorsque les vanes se trouvent dans une position pratiquement fermée, les gaz d'échappement sont dirigés sur l'extrémité des vanes de turbine (photo 6.3). Le turbo va alors accélérer rapidement et produire une pression accrue, comme s'il s'agissait d'un turbo avec un passage étroit des gaz d'échappement. Lorsque le turbo parvient ensuite à pression, les vanes sont ouvertes, ce qui va freiner l'accélération du turbo (photo 6.4). Si les vanes se trouvent en position ouverte maximale, c'est comme si aucun « nozzle ring » à géométrie variable n'était monté et le régime maximum du turbo est à nouveau déterminé par le passage réel des gaz d'échappement dans le carter de turbine du turbo.

En 1989, la technologie à géométrie variable a été utilisée commercialement pour la première fois par Garrett, ce qui a déclenché une révolution sur le marché des moteurs diesel turbo pour véhicules particuliers.

En succession des premiers turbocompresseurs VNT (pour Variable Nozzle Turbine), un deuxième modèle a été lancé. Le concept suivant se distingue par un plus grand nombre de vanes et a actuellement, à cause de sa grande force de traction dès bas régime, valeur de standard pour les véhicules particuliers équipés de moteurs diesel.



6.3 Vannes en position fermée: entraînement complet de la turbine



6.4 Vannes en position ouverte: entraînement limité de la turbine

# Manuel turbo

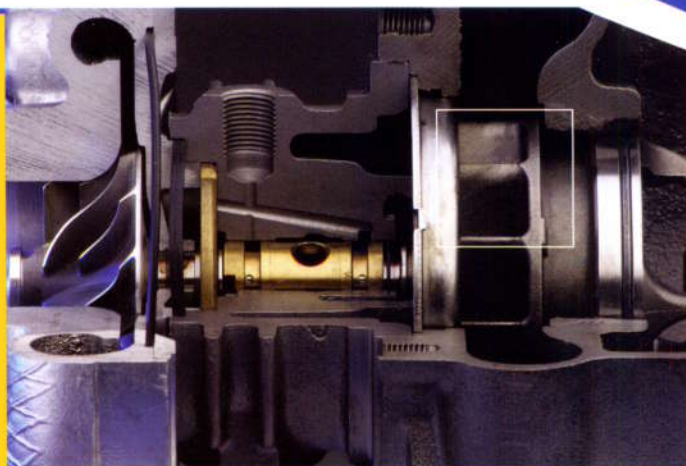
## 6. EVOLUTION À TRAVERS LES ÂGES

### Le VNTOP

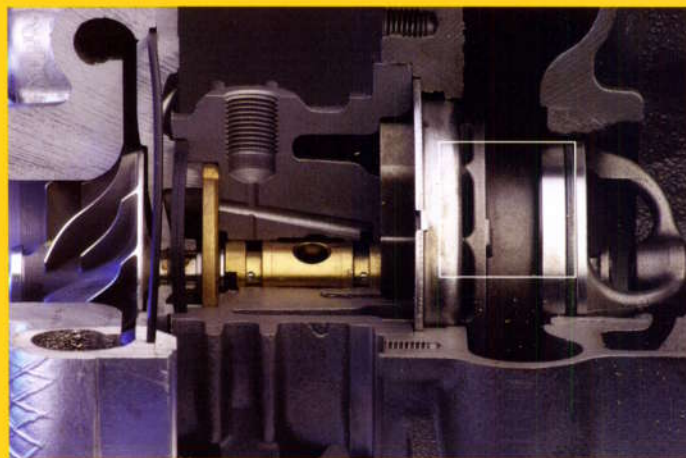
A côté de cela, Garrett a développé le VNTOP, qui est l'abréviation de « VNT one piece ». Celui-ci est également appelé « slidevane turbo » et constitue une version techniquement plus simple du turbo à géométrie variable. Ce modèle possède des vannes qui ne sont plus réglables individuellement, mais où une bague déplaçable détermine l'afflux vers les palettes (photos 6.6 et 6.7). Il s'agit ici d'un modèle plus compact, meilleur marché et plus simple offrant moins de possibilités de réglage précis. Le VNTOP s'utilise beaucoup dans les moteurs diesel pour véhicules particuliers de classe inférieure et moyenne.

Saviez-vous que...

...les nouvelles générations de turbos tournent jusqu'à 220.000 tours par minute? Et cela, comparativement aux rotors d'un avion qui atteignent « seulement » 7.000 tours par minute?



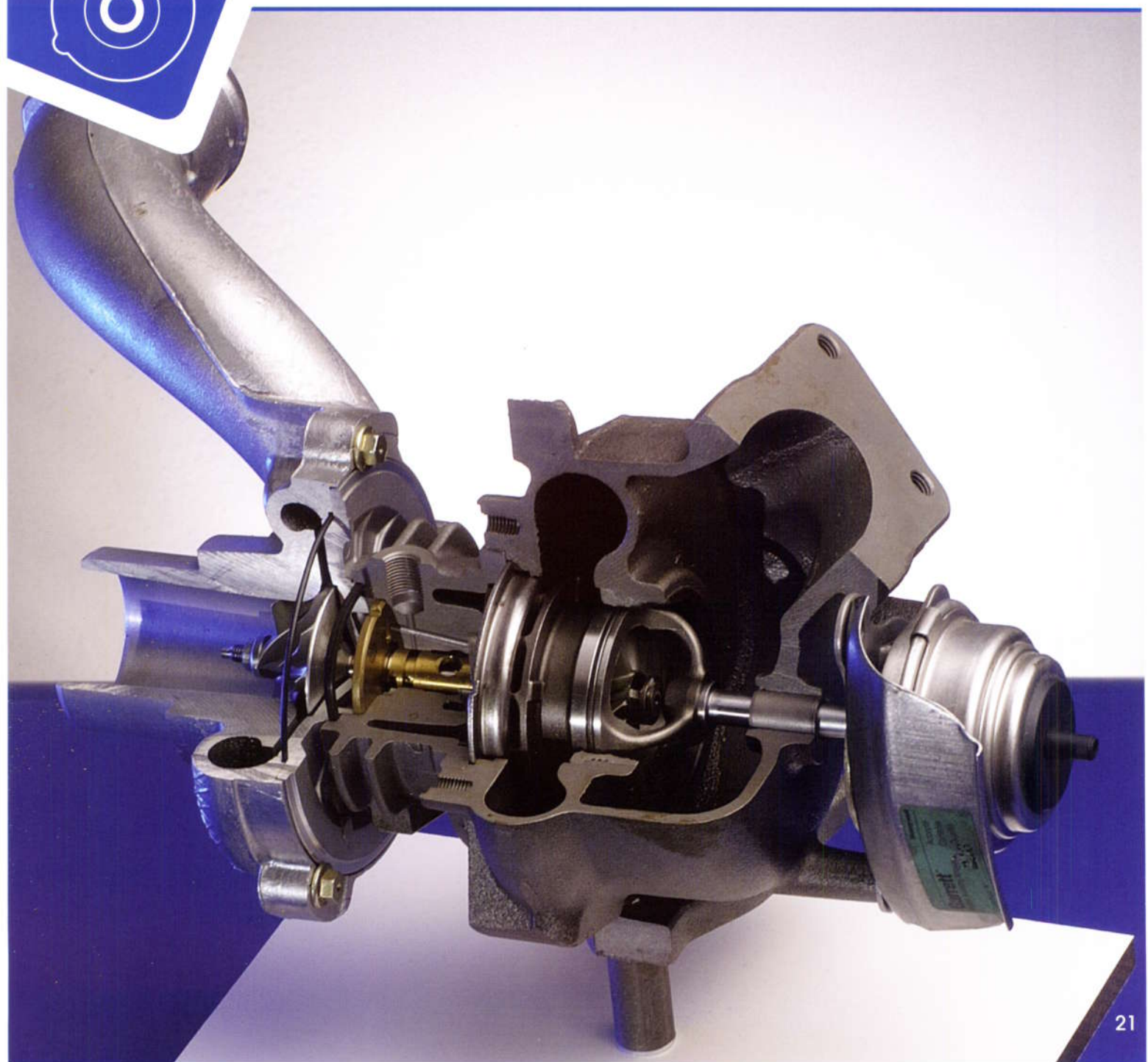
6.6 Vannes en position ouverte: entraînement complet



6.7 Vannes en position fermée: entraînement limité



# Manuel turbo



*Un turbo peut-être bien conçu, bien traité et bien entretenu, néanmoins des dégâts demeurent évidemment toujours possibles. Et parce que chaque avarie est spécifique, il existe une solution pour chaque problème. Dès que toutes les options possibles ont été passées en revue dans un atelier et si le turbo est effectivement défectueux, celui-ci devra être remplacé.*

Pour la plupart des garages, un turbo est perçu comme un composant complexe. Ce n'est pas surprenant en soi, car au fil des années, le turbo est devenu de plus en plus compact. D'autre part, les régimes ont augmenté jusqu'à plus de 200.000 tours par minute et le turbo fait de plus en plus partie de la gestion du moteur. Bien que la complexité soit moins importante qu'il n'y paraît, le turbo est et demeure un composant délicat.

Heureusement, les dégâts causés par le turbo lui-même ne sont aujourd'hui plus aussi fréquents qu'au début. Les dégâts qui se produisent tombent souvent dans la périphérie du turbo. La cause n'est pas directement connue, mais la conséquence – un turbo cassé – l'est bien.

### Remplacer ou pas?

Le remplacement pur et simple du turbo cassé par un exemplaire neuf ou révisé ne constitue qu'une solution à court terme. Il est conseillé de vérifier d'abord si le turbo est bien la cause du dysfonctionnement et s'il s'agit de la seule cause. Un turbo devrait être monté seulement après contrôle de toutes les options possibles.

### Identifier la cause de la panne

Sur un moteur en bon état de marche et bien entretenu, le turbo fonctionnera correctement pendant longtemps. Trop souvent, une erreur de diagnostic mène au remplacement inutile du turbo. Toutefois, si la décision a été prise de remplacer le turbo, encore faut-il toujours identifier la cause de la panne, afin d'éviter que de soucis semblables se reproduisent ultérieurement. Vous trouverez ci-dessous les pannes qui peuvent survenir, ainsi que les causes sous-jacentes.

### Lubrification insuffisante

En cas de lubrification insuffisante, un transfert direct de la chaleur de la roue de turbine a lieu, de sorte que les résidus d'huile lubrifiante brûlent ou carbonisent, et qu'une coloration de l'arbre devient visible (photo 7.1).

Les paliers vont alors se bloquer et s'endommager (photo 7.2). D'autres dégâts peuvent alors survenir, parmi lesquels le frottement des roues (photo 7.3), les dispositifs d'étanchéité d'huile qui lâchent et l'arbre de turbine qui casse (photo 7.4).

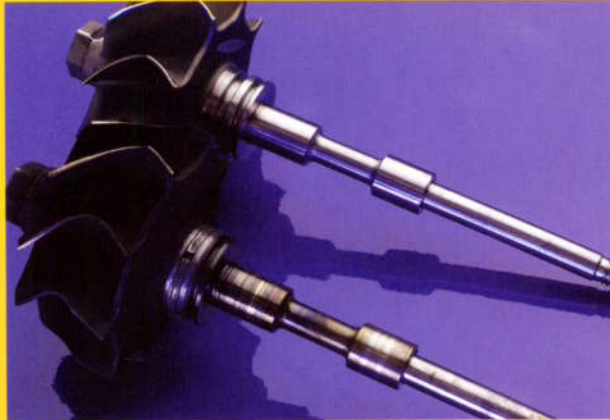
*Saviez-vous que...*

*...l'air qui est aspiré dans un turbocompresseur atteint presque la vitesse du son?*

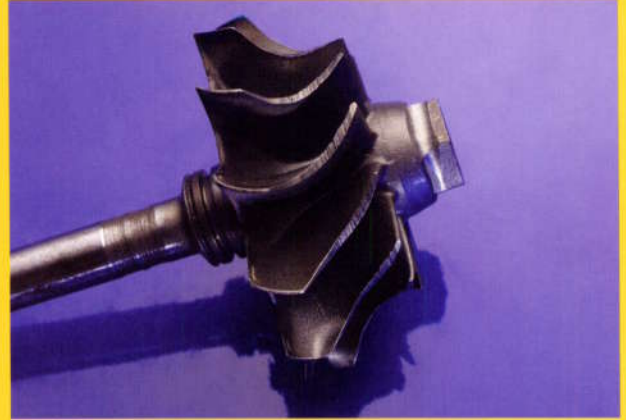




# Manuel turbo



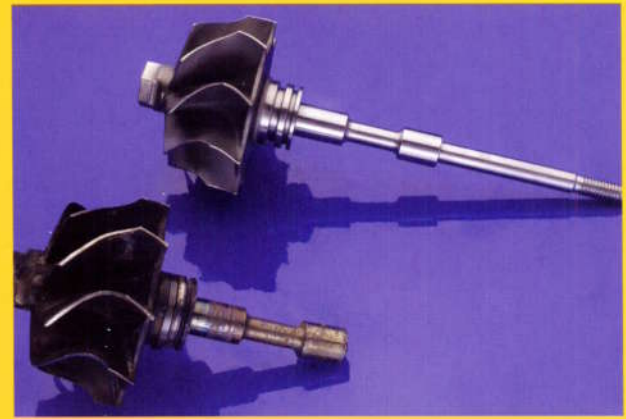
7.1 Coloration de l'arbre de turbine



7.3 Frottement de la roue de turbine



7.2 Pailier endommagé à côté d'un pailier neuf



7.4 Arbre de turbine cassé

## 7. DÉGÂTS AU TURBO

Avec l'augmentation de température qui se diffuse, les paliers se réchauffent fortement. Ils vont alors se dilater, ce qui va entraîner un contact physique entre la bague et l'arbre, ainsi qu'un dépôt de cuivre clairement visible. (photo 7.5)



7.5 Dépôt de cuivre sur l'arbre de turbine

Le matériau du palier axial extérieur a fondu à cause de la chaleur de frottement importante entre le porte-segment et le palier axial (photo 7.7)



7.7 Palier axial endommagé à côté d'un palier axial neuf

Le mouvement de l'arbre a causé une forte usure à l'extérieur de la bague d'étanchéité. La surface portante du collet de palier est usée (photo 7.6).



7.6 Porte-segment endommagé à côté d'un porte-segment neuf

Saviez-vous que...

...un turbo peut accélérer de 20.000 à 150.000 tours par minute en moins d'une seconde?



# Manuel turbo



## 7. DÉGÂTS AU TURBO



7.8 Frottement de la roue de compresseur.



7.10 Frottement dans le carter compresseur

Les ailettes de la roue de compresseur ont également touché la paroi du carter compresseur. Les extrémités des pales sont déformées et en partie rabotées.

Cela peut aller de pair avec des forces particulièrement élevées qui peuvent même briser les paliers (photo 7.11).



7.9 Carter compresseur endommagé à côté d'un carter neuf

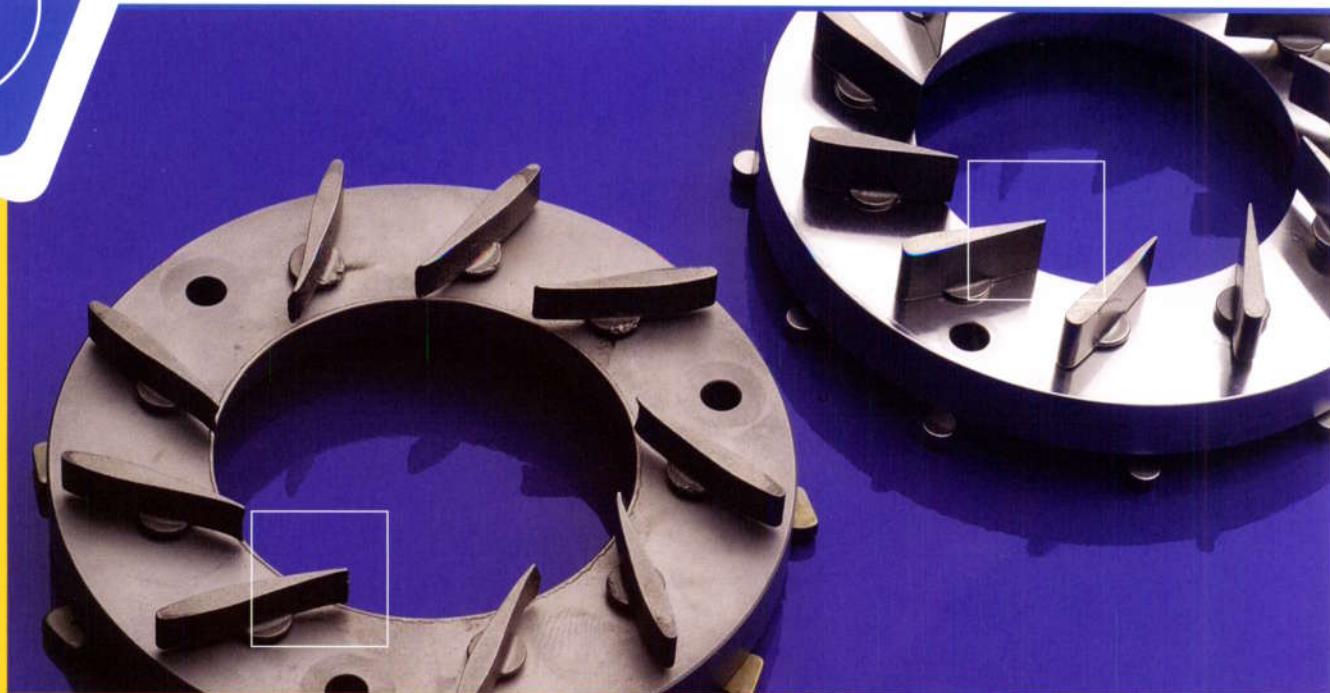


7.11 Palier radial neuf à côté d'un palier radial cassé.





# Manuel turbo



7.13 Impact d'un objet étranger sur le nozzle ring

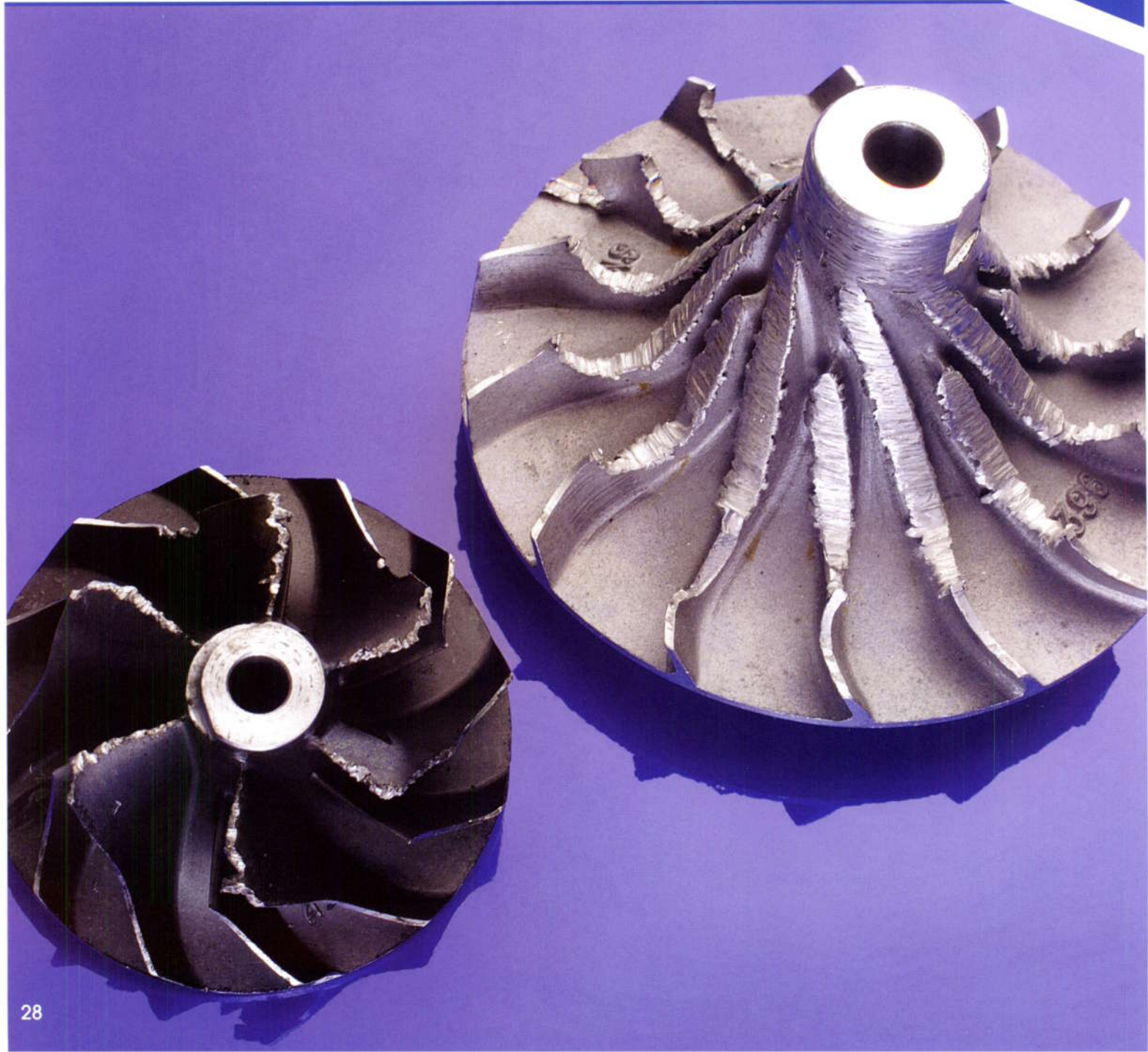


7.12 Impact d'un objet étranger sur l'arbre de turbine

## Impact d'objets

Suite à l'impact d'un corps étranger, des dégâts importants peuvent être occasionnés à l'arbre de turbine du turbo (photo 7.12). La partie à géométrie variable est également sensible aux impacts qui peuvent endommager le nozzle ring (photo 7.13). Les illustrations ci-jointes montrent les conséquences que peut entraîner l'impact de particules flottantes provenant du moteur.

# 7. DÉGÂTS AU TURBO







# Manuel turbo

## Saviez-vous que...

...il est bon de laisser tourner le moteur un moment au ralenti lorsqu'il a dû fonctionner à haut régime lors d'un trajet? Cela permet en effet de bien lubrifier et refroidir le turbo.



7.15 Impact de petites particules de saleté

Du côté du compresseur, nous voyons naître une image comparable. Les pales de la roue de compresseur sont endommagées ou ont même entièrement disparu (photo 7.14). En cas d'entrée d'un objet mou, les dégâts sont moins importants, mais les palettes peuvent néanmoins être pliées vers l'arrière.

Suite à une fuite entre le filtre à air et le turbo, de petites particules de saleté peuvent pénétrer et éroder les pales de la roue de compresseur par l'effet de frottement. (photo 7.15). L'ensemble tournant peut alors se déséquilibrer et devenir instable. Etant donné les régimes énormes, des dégâts sont inévitables.



7.14 Impact d'un objet étranger sur la roue de compresseur

### Impuretés dans l'huile

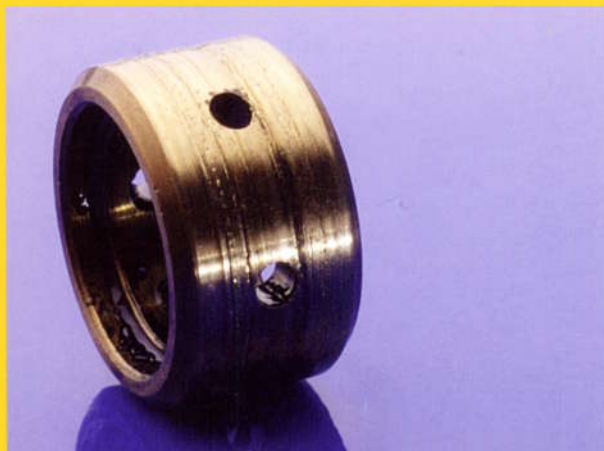
L'huile dans le turbo exerce une double action : lubrification et refroidissement. Les illustrations ci-jointes montrent les conséquences que peut entraîner l'action d'une huile lubrifiante polluée.

L'huile moteur filtrée peut encore contenir de petites particules de saleté. Si la surface de roulement de l'arbre est normalement lisse, les résidus de saletés dans l'huile y ont tracé de profondes rainures. La saleté dans l'huile exerce un effet de frottement (photo 7.16). Cela se voit bien à la surface portante de ce palier radial qui est usée complètement à plusieurs endroits, jusqu'à même envaser les canaux d'huile (photo 7.18).

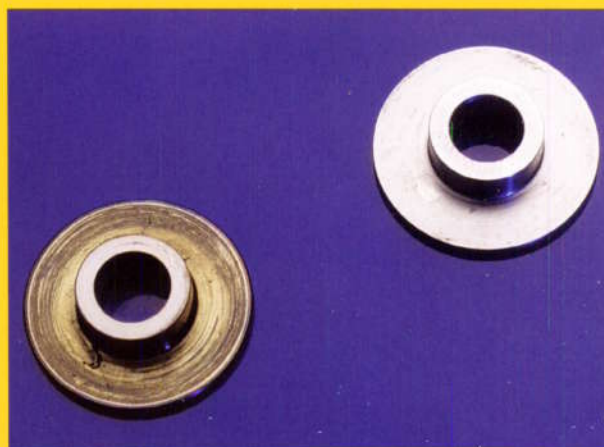
A cause de l'effet de frottement de l'huile lubrifiante polluée, les deux côtés du collet de palier sont usés (photo 7.17).

### Saviez-vous que...

*...un turbo déséquilibré causait un bruit gênant et diminuait la durée de vie du turbo? Ceci est dû aux vibrations qui naissent à haut régime.*



7.16 Palier radial rainuré

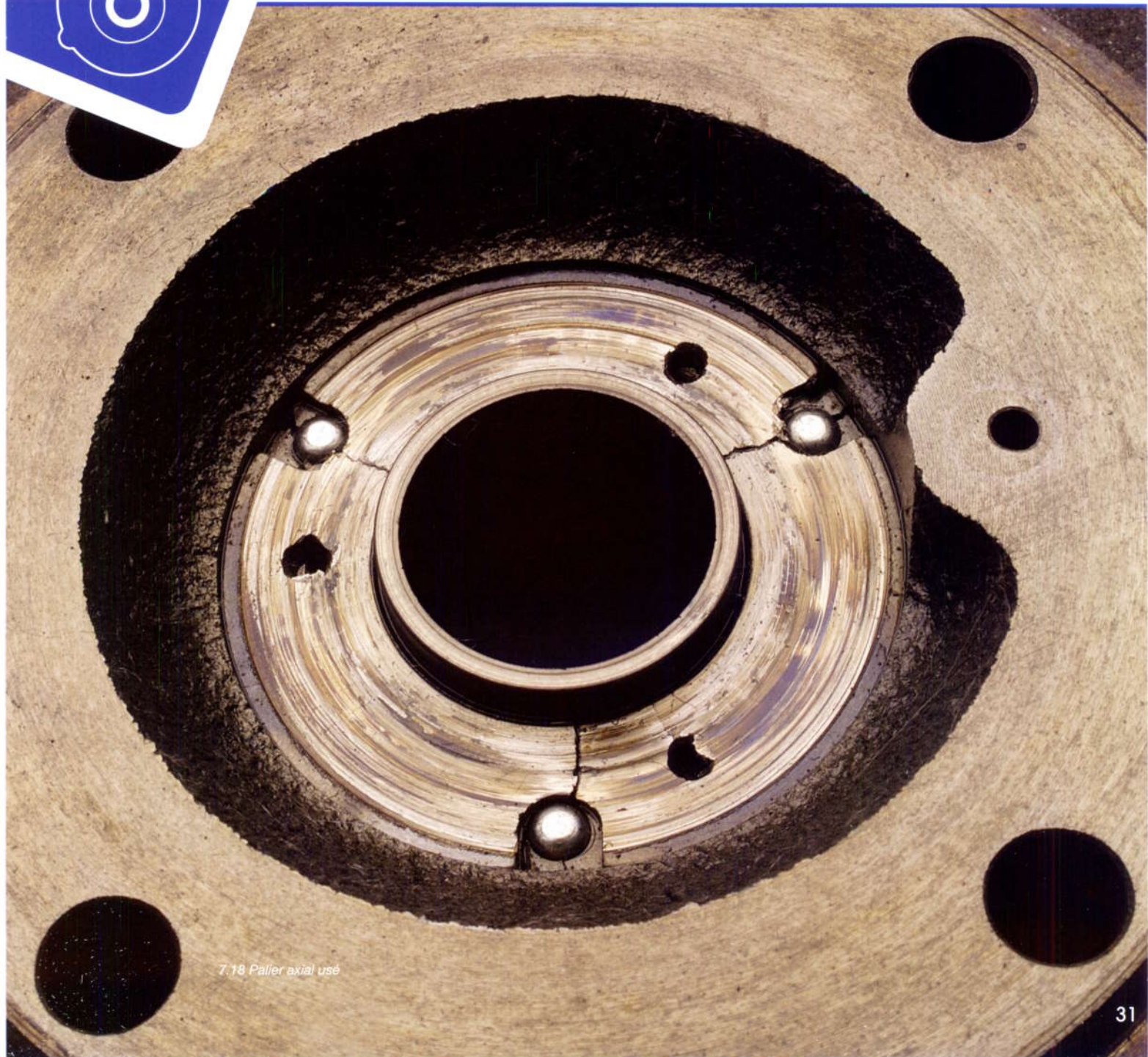


7.17 Collet de palier endommagé et nouveau collet de palier





# Manuel turbo



7.18 Palier axial usé



## 7. DÉGÂTS AU TURBO



7.19 Huile lubrifiante carbonisée dans le carter de palier



7.20 Points d'encastrement usés sur l'arbre de turbine

Par pollution, on entend également la carbonisation de l'huile lubrifiante (photo 7.19). L'huile carbonisée peut se fixer à l'intérieur du carter de palier et bloquer ainsi les dispositifs d'étanchéité d'huile, avec le risque de fuite d'huile. La carbonisation de l'huile peut également occasionner des dégâts aux paliers et aux dispositifs d'étanchéité.

Si l'huile lubrifiante est très polluée, elle peut causer des rainures profondes sur la portée de la bague sur l'arbre de la turbine (photo 7.20). Dans le cas des paliers en aluminium, la saleté se fixe souvent à la surface du palier et cause des dégâts importants aux surfaces de roulement de l'arbre de turbine et du carter de palier (photo 7.21).



7.21 Arbre de turbine endommagé et nouvel arbre de turbine





# Manuel turbo



7.22 Usure de la gorge de segment de l'arbre de turbine

## Contre-pression trop élevée des gaz d'échappement

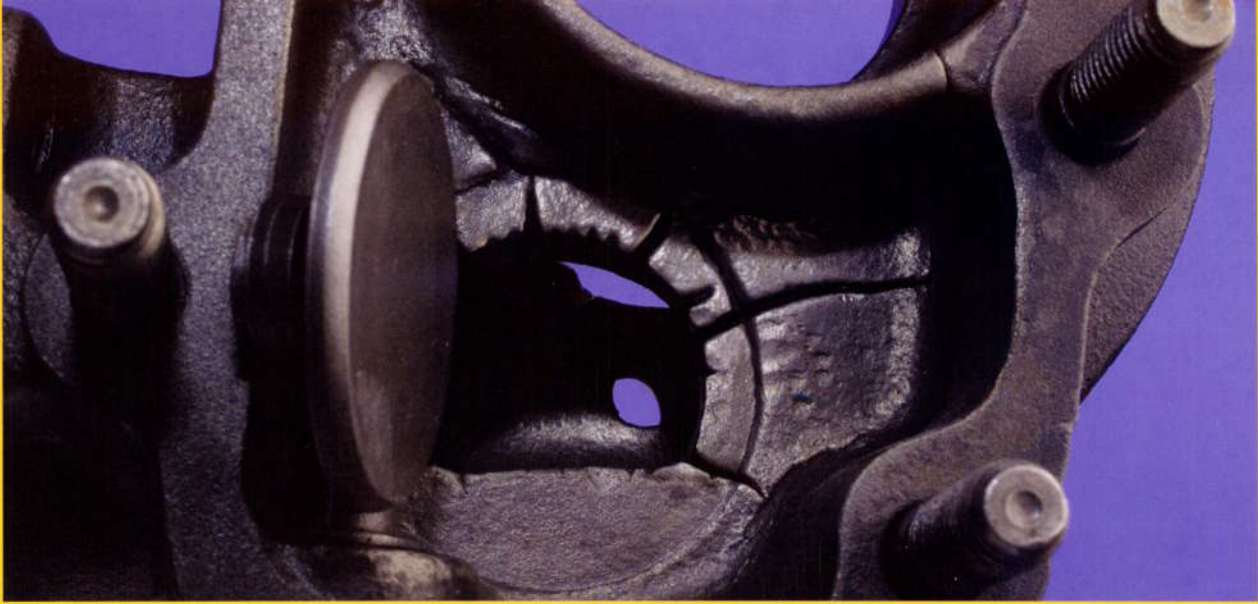
Dans la plupart des cas, un échappement bouché est la cause d'une contre-pression trop élevée des gaz d'échappement. Une contre-pression trop élevée peut également être causée par des problèmes de catalyseur ou par la vanne EGR, dans les moteurs modernes.

Les illustrations ci-jointes montrent clairement les conséquences que cela peut entraîner.

Une usure du segment et de sa gorge sur l'arbre de turbine, avec pour conséquence une fuite d'huile du côté de la turbine (photo 7.22). L'huile de la turbine est carbonisée, de sorte que des particules de carbone peuvent parvenir dans le carter de palier.

### Saviez-vous que...

*...une voiture émet parfois de la fumée bleue à l'arrêt, par exemple à un feu rouge? Et qu'il s'agit d'un signal important qui indique un problème au turbo?*



7.23 Fissures dans le carter de turbine

#### **Température trop élevée des gaz d'échappement**

Les causes les plus fréquentes d'une température trop élevée des gaz d'échappement dans les moteurs diesel sont un intercooler défectueux ou bouché, une pompe à carburant mal réglée ou un filtre à air bouché. Les illustrations ci-jointes montrent les conséquences que peut entraîner une température trop élevée des gaz d'échappement.

#### **Formation de fissures**

A cause des hautes températures, des fissures peuvent se produire dans le carter de turbine, ce qui entraîne une fuite des gaz d'échappement. Cela signifie moins d'entraînement pour la turbine dans le turbo et donc finalement une pression de turbo inférieure (photo 7.23).

Après un certain temps, presque tous les carters de turbine de turbos présentent, quelle que soit la marque ou l'utilisation, des fendillements dus à la dilatation et au rétrécissement de la fonte causés par le choc thermique dans le carter de turbine.



## **7. DÉGÂTS AU TURBO**



### Fatigue des matériaux

La fatigue des matériaux se produit à cause d'une sollicitation trop longue ou trop importante des matériaux utilisés. Les illustrations ci-jointes montrent les conséquences possibles.

Il peut être question de fatigue des matériaux de la roue de compresseur lorsqu'une ailette de la roue de compresseur est cassée, alors que peu ou pas de traces de frottement et/ou d'impact d'un objet étranger sont visibles (photo 7.24).

La fatigue des matériaux peut également être la cause d'une trop grande vitesse de rotation et/ou d'un dépassement trop important de la vitesse maximale de rotation, ce qui peut entraîner l'explosion d'une roue de compresseur au point le plus faible (photo 7.25).



7.24 Roue de compresseur endommagée

#### Saviez-vous que...

*...seuls les turbos mal équilibrés, usés ou endommagés produisaient beaucoup de bruit? Et qu'un turbo bien entretenu et fonctionnant correctement est à peine audible?*



7.25 Roue de compresseur cassée

# Analyse du problème de turbo

## 1. Problème: le moteur délivre pas assez de puissance, se retient pendant l'accélération

**Cause possible:** Un système de surpression du turbo défectueux..

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

## 2. Problème: le moteur délivre trop peu de puissance.

**Cause possible:** Un turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Fuite d'air entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; contrôlez le raccordement et remplacez les composants

**Cause possible:** Fuite de gaz d'échappement au turbo.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Problème avec le système de carburant

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; effectuez un nouveau réglage et contrôlez le système de carburant.

**Cause possible:** Problèmes internes au moteur

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo ; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Mauvais réglage du temps d'allumage

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; réglez à nouveau l'allumage et renouvelez les composants défectueux.

**Cause possible:** Un système de surpression du turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Obstruction entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:**Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; enlevez les obstructions et renouvelez les pièces défectueuses.



## 8. PROBLÈMES ET SOLUTIONS



### 3. Problème: gaz d'échappement noirs.

**Cause possible:** Un turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Fuite d'air entre le turbo et la tubulure d'admission..

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; contrôlez le raccordement et remplacez les composants

**Cause possible:** Fuite de gaz d'échappement au turbo.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Problème avec le système de carburant

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; effectuez un nouveau réglage et contrôlez le système de carburant.

**Cause possible:** Problèmes internes au moteur

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Mauvais réglage du temps d'allumage

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; réglez à nouveau l'allumage et renouvelez les composants défectueux.

**Cause possible:** Obstruction entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; enlevez les obstructions et renouvelez les pièces défectueuses.

### 4. Problème: consommation excessive d'huile moteur.

**Cause possible:** Un turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Fuite d'air entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; contrôlez le raccordement et remplacez les composants

**Cause possible:** Problèmes internes au moteur

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Evacuation d'huile ou ventilation du carter bouchées.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Obstruction entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; enlevez les obstructions et renouvelez les pièces défectueuses.

## 5. Problème: gaz d'échappement bleus.

**Cause possible:** Un turbo défectueux..

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Fuite d'air entre le turbo et la tubulure d'admission..

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; contrôlez le raccordement et remplacez les composants

**Cause possible:** Problèmes internes au moteur

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations

**Cause possible:** Evacuation d'huile ou ventilation du carter bouchées.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Obstruction entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; enlevez les obstructions et renouvelez les pièces défectueuses.

## 6. Problème: le turbo fait du bruit.

**Cause possible:** Fuite d'air entre le filtre à air et le turbo.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; contrôlez le raccordement et remplacez les composants.

**Cause possible:** Un turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Fuite d'air entre le turbo et la tubulure d'admission..

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; contrôlez le raccordement et remplacez les composants

**Cause possible:** Fuite de gaz d'échappement au turbo.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Obstruction entre le turbo et la tubulure d'admission..

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; enlevez les obstructions et renouvelez les pièces défectueuses.



## 8. PROBLÈMES ET SOLUTIONS



## 7. Problème: fuite d'huile du côté de l'admission d'air du turbo

**Cause possible:** Un turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Fuite de gaz d'échappement au turbo.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Problèmes internes au moteur

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Evacuation d'huile ou ventilation du carter bouchées.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Obstruction entre le turbo et la tubulure d'admission.

**Solution:** Le remplacement du turbo n'est pas nécessaire; enlevez les obstructions et renouvelez les pièces défectueuses.

## 8. Problème: fuite d'huile du côté turbine du turbo.

**Cause possible:** Un turbo défectueux.

**Solution:** La réparation/le remplacement du turbo est nécessaire; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Problèmes internes au moteur

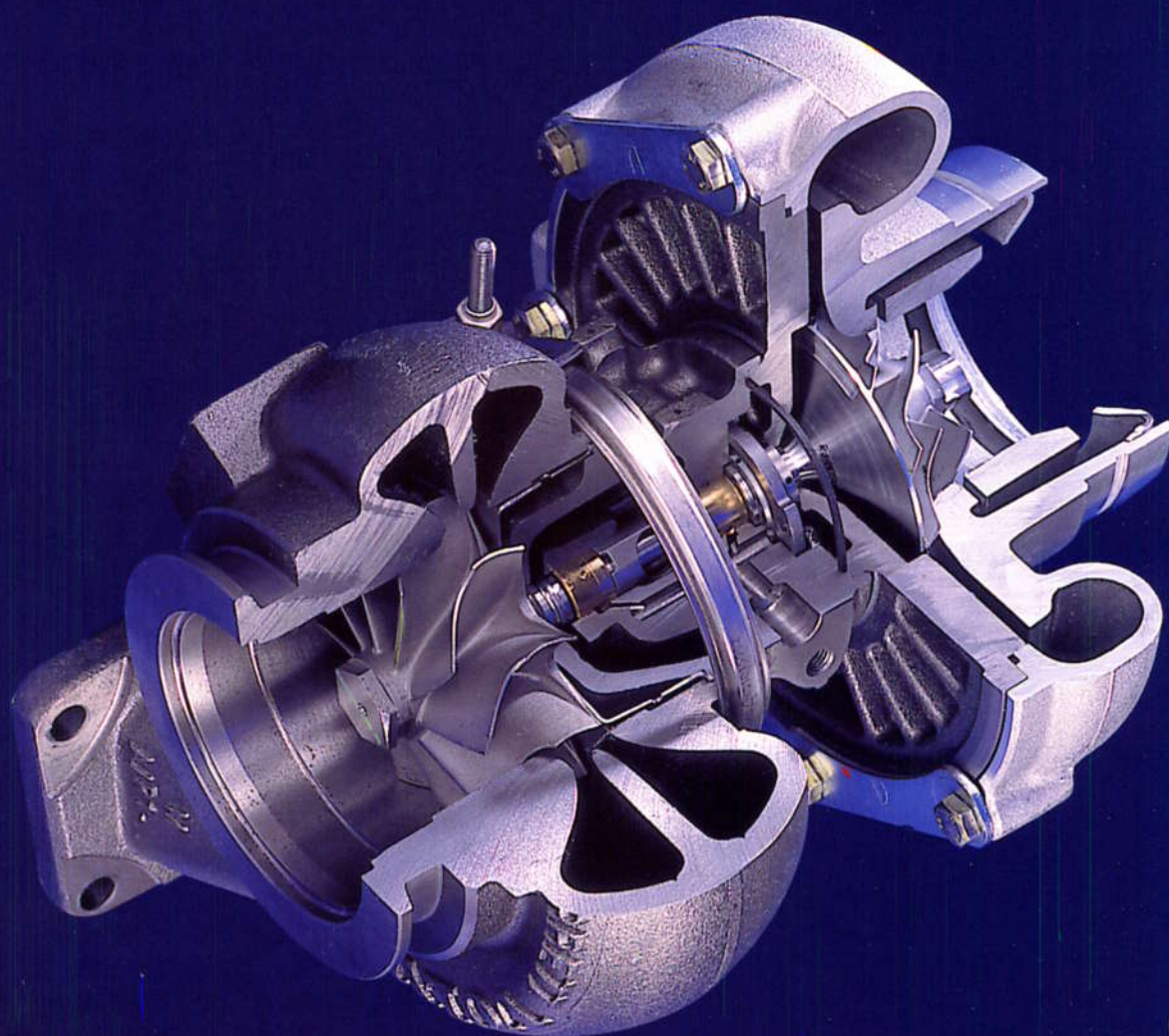
**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Cause possible:** Evacuation d'huile ou ventilation du carter bouchées.

**Solution:** Envisagez le remplacement du turbo; appelez Turbo's Hoet pour obtenir de plus amples informations.

**Saviez-vous que...**

*...la commande d'un turbo à géométrie variable était souvent réglée à dépression plutôt qu'à pression?*





Évitez les erreurs lors du montage de ce turbo.

Lisez soigneusement les prescriptions de montage, même si vous êtes un mécanicien chevronné!

## Contrôles préalables au montage du turbo

### 1 Contrôlez le flexible d'alimentation d'huile

Démontez la conduite d'alimentation d'huile et contrôlez-la. Nettoyez la conduite. Si vous constatez la moindre trace de bouchon ou de dommage, l'alimentation en huile doit être remplacée immédiatement. Ne jamais utiliser de pate joints.

### 2 Remplacez l'huile

N'oubliez pas de remplacer l'huile moteur et le filtre à huile. Dans le cas contraire, le turbo risque d'être endommagé. Une huile ancienne ou encrassée gêne le graissage du mécanisme intérieur et provoque ainsi des dégâts aux roulements et à l'arbre.

### 3 Contrôlez le flexible de retour d'huile

Démontez la conduite de retour d'huile et contrôlez-la. Nettoyez la conduite. Si vous constatez la moindre trace de bouchon ou de dommage, le retour d'huile doit être remplacé immédiatement. Vérifiez également que le flexible ne soit pas pincé. Ne jamais utiliser de pate joints.

### 4 Contrôlez le reniflard de carter

Dans de nombreux cas, le reniflard de carter est branché sur la conduite d'alimentation d'air du turbo. Un reniflard bouché provoque des problèmes de retour d'huile au niveau du turbo. Veillez donc à ce que le reniflard du carter soit parfaitement dégagé.

### 5 Contrôlez la condition du moteur

Si le moteur est en mauvais état, cela a une incidence sur le turbo. En effet, la dépression dans le bloc moteur entraîne des fuites d'huile au niveau du turbo. Le turbo souffle alors cette huile en direction du moteur, ce qui entraîne une combustion incomplète.

### 6 Contrôlez les conduites d'air

Montez toujours un nouveau filtre à air et nettoyez le flexible d'aspiration d'air. Si un refroidisseur intermédiaire est installé, les éventuels résidus d'huile doivent être enlevés. Le flexible du turbo vers le moteur doit lui aussi être soigneusement contrôlé.

### 7 Contrôlez la pression d'huile

Utilisez un bac collecteur propre pour recueillir l'huile usagée de la conduite d'alimentation d'huile. Démarrez le moteur jusqu'à ce que 300 ml d'huile au moins soient sortis de la conduite d'alimentation. Cela suffit pour éliminer les résidus sans endommager le turbo.

### Contrôles au cours du montage du turbo

### 8 Fixation sur le collecteur

Le collecteur d'échappement peut encore contenir des résidus métalliques du turbo précédent. Ceux-ci doivent être enlevés. Un collecteur qui présente des fissures risque d'endommager le nouveau turbo. Contrôlez soigneusement ce point.

### 9 Enlevez tous les bouchons de fermeture

Des capots de fermeture ont été montés sur le turbo afin d'éviter que des objets étrangers ne pénètrent à l'intérieur durant le transport. Ils doivent tous être enlevés, le plus important étant le bouchon de l'alimentation d'huile.

### 10 Contrôlez l'alimentation d'huile

Montez l'alimentation d'huile soigneusement. Pour cela, veillez à ce qu'aucune saleté ne puisse pénétrer dans le carter central du turbo. Démarrez le moteur pendant une minute sans que le turbo ne s'enclenche. Laissez ensuite le moteur tourner au ralenti pendant cinq à dix minutes.

### 11 Contrôlez les raccords

Pendant le test, augmentez lentement le régime du moteur et contrôlez tous les raccords afin de dépister d'éventuelles fuites. Lorsque le moteur est chaud, resserrez tous les assemblages boulonnés.

### 12 Contrôlez la pression du turbo

Utiliser un manomètre à turbo pour contrôler la pression de celui-ci. Nous avons ces sets de manomètres dans notre assortiment. Le réglage de l'actuator (soupape de régulation) a déjà été effectué dans nos ateliers.





# Manuel turbo



*Turbo Hoet fournit des turbocompresseurs révisés pour chaque type de moteur. L'atelier connaît quatre disciplines spécialisées: nettoyage, traitement de surface, contrôle et équilibrage. Ces quatre spécialités veillent à ce que le turbocompresseur révisé égale ou même dépasse la qualité d'un turbo neuf.*

En effet, lors de la production en usine, les pièces sont réalisées en série avec certaines marges et tolérances, sans une attention particulière pour chaque pièce distincte. Ce n'est pas le cas pour la révision d'un turbo, où chaque pièce est contrôlée avec grande précision au niveau des tolérances. Un turbocompresseur révisé est donc contrôlé plus scrupuleusement qu'un produit de série.



**Saviez-vous que...**

*...un moteur en mauvais état avait une mauvaise pression de carter et que de ce fait, la pression d'huile pouvait augmenter dans le turbo? Et que cela entraînera à coup sûr une fuite d'huile dans le turbo?*



## 10. DANS L'ATELIER



## Le processus de nettoyage

Au départ, le turbo est démonté et analysé. Ensuite, les pièces sont soigneusement nettoyées (photo 10.1). On utilise pour cela une machine à laver spéciale et un four industriel. Ce processus peut en revanche causer des soucis de dépassement des tolérances, qui peut poser problème ultérieurement. C'est pourquoi la deuxième étape doit également être effectuée soigneusement, à savoir le traitement de surface. Là aussi, la matière peut se déformer et ne plus rentrer dans les tolérances.

## Le processus de traitement de surface

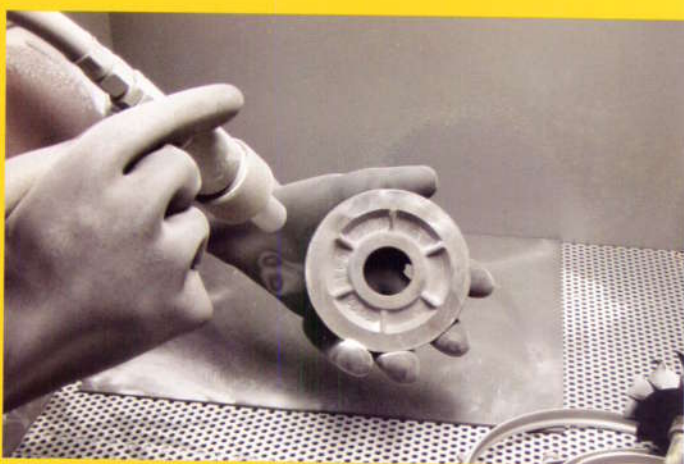
Les pièces en fonte sont automatiquement sablées avec un jet fort. Pour les pièces en aluminium, nous utilisons une autre machine à sabler qui fonctionne avec une perle en verre céramique (photo 10.2). Le carter de paliers reçoit encore un posttraitement sous la forme d'un bain de nettoyage aux ultrasons, afin de s'assurer qu'aucune saleté ne subsiste. Pour terminer, toutes les pièces sont graissées afin d'éviter la formation de rouille, puis dirigées vers le processus suivant dans l'atelier avancé.

### Saviez-vous que...

*...les modifications à un turbo n'étaient pas bonnes pour sa durée de vie? Rouler avec une pression de turbo augmentée peut entraîner des dégâts aux paliers du turbo.*



10.1 Processus de nettoyage



10.2 Machine à sabler

# Manuel turbo

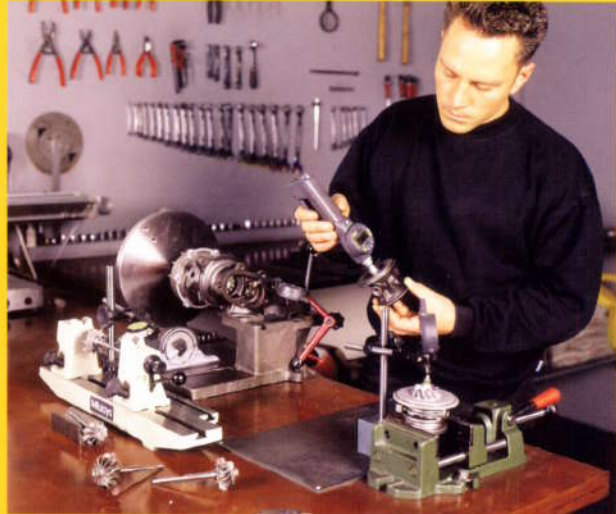
### Le processus de contrôle

La rectitude de l'arbre de turbine doit être contrôlée avant qu'il puisse être monté dans le mécanisme d'un turbo. On utilise à cet effet une machine à mesurer la rectitude. Les points d'encastrement de l'arbre de turbine et le carter de paliers du turbo sont mesurés à l'aide d'un outil manuel afin de vérifier s'ils tombent dans les tolérances (photo 10.3).

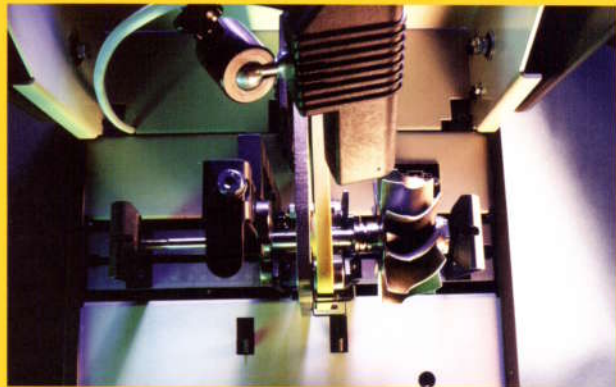
### Le processus d'équilibrage

L'équilibrage est l'une des parties les plus importantes de la révision d'un turbo. La raison est simple, puisque les régimes d'un turbo moderne dépassent entre-temps les 220.000 tours par minute. Avec de tels régimes, toute forme de déséquilibre entraîne à terme ou immédiatement des dégâts importants à l'intérieur du turbo-compresseur.

Pour l'équilibrage des turbos, il est très important de bien équilibrer les roues dynamiquement. Cela signifie : avec deux plans de correction. Chaque composant doit être équilibré séparément. A cet effet, nous utilisons une machine d'équilibrage Schenck (photo 10.4). Ensuite, les composants doivent être montés de manière à ce que le turbo devienne un ensemble tournant. Etant donné que les composantes n'ont pas toutes été équilibrées individuellement, il est indispensable d'équilibrer l'ensemble tournant sur une équilibreuse prévue à cet effet (photo 10.5). Pour terminer, nous contrôlons la présence d'éventuelles vibrations sur les turbocompresseurs qui pourraient entraîner un bruit excessif. Ceci est contrôlé pour le régime qui peut être atteint sur le moteur. Il s'agit d'un test final idéal avant de monter le turbo révisé sur le moteur. Nous utilisons pour cela un Vibration Sorting Rig (photo 10.6), une machine imposée par les grands fabricants de turbo.



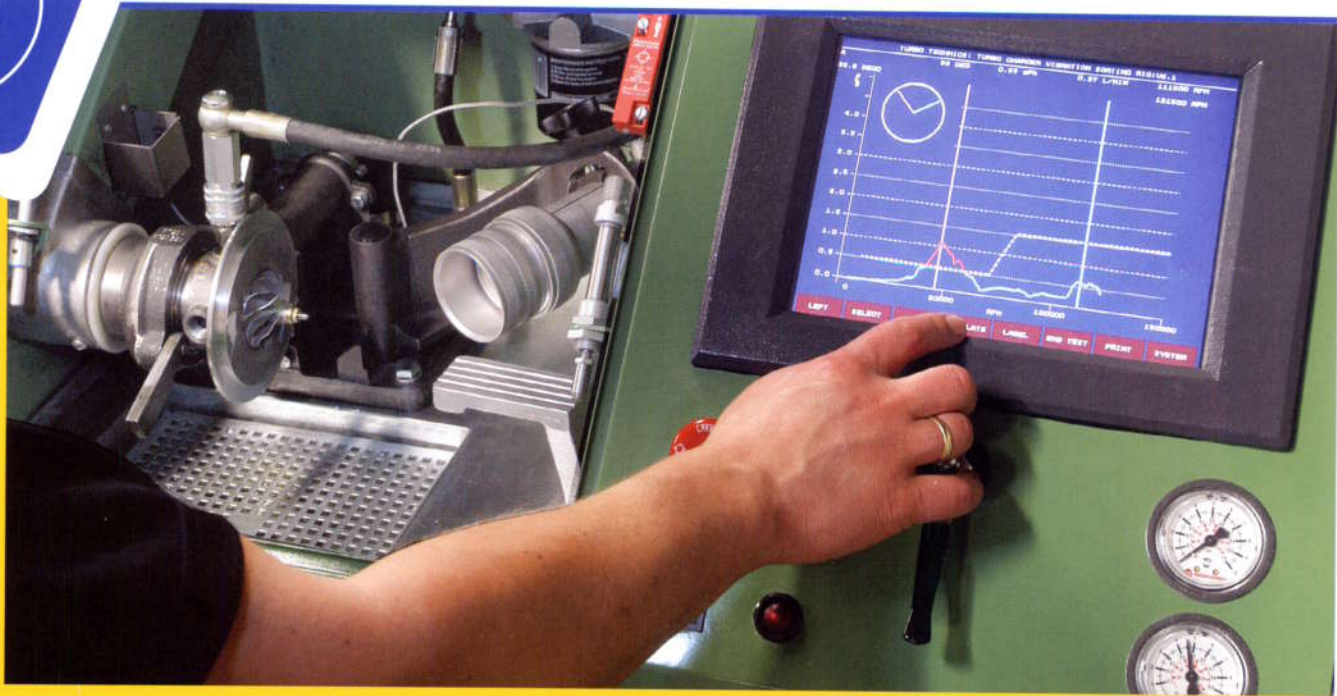
10.3 Processus de contrôle



10.4 Machine d'équilibrage Schenck



# Manuel turbo



10.5 Equilibreuse d'ensemble tournant

Dès qu'un turbo a passé le contrôle final, il est en parfait état de marche. Les processus d'équilibrage extrêmement précis veillent notamment à ce qu'aucun détail ne soit oublié. Après l'équilibrage, il faut encore mesurer le jeu sur l'arbre et le comparer aux données du constructeur. En dernier lieu, c'est la soupape de régulation de pression qui est réglée selon les valeurs d'usine.



10.6 Vibration Sorting Rig

# Test à choix multiple

## Question 1

### Comment fonctionne un turbo?

- A. L'injection de carburant supplémentaire entraîne un effet de turbine qui fait que le moteur tourne mieux.
- B. L'apport d'air et de carburant supplémentaires entraîne une puissance moteur plus élevée.
- C. L'apport d'air comprimé assure une meilleure combustion et une puissance plus élevée.
- D. La roue de turbine « mélange » l'air et le carburant, ce qui entraîne une meilleure combustion.

## Question 2

### Durant quelle période est né le premier turbo?

- A. Juste avant le début du 20e siècle, avant l'an 1900.
- B. Entre les deux guerres mondiales, avec l'entrée en scène du moteur à essence.
- C. Juste après la Deuxième Guerre mondiale.
- D. Dans les années cinquante, à cause du succès croissant de la Formule 1.

## Question 3

### Citez quatre avantages d'un turbocompresseur:

- A. Puissance moteur plus élevée, processus de combustion plus efficace, émissions plus faibles, rapport poids/puissance plus favorable.
- B. Puissance moteur plus élevée, usure moteur plus faible, émissions plus faibles, rapport poids/puissance plus favorable.
- C. Puissance moteur plus élevée à haut régime, processus de combustion plus efficace, émissions plus faibles, rapport poids/puissance plus favorable.
- D. Puissance moteur plus élevée à bas régime, processus de combustion plus efficace, émissions plus faibles, rapport poids/puissance plus favorable.

## Question 4

### Avec quoi l'air du turbo peut-il être refroidi?

- A. Par la température plus basse de l'air extérieur.
- B. Par l'huile lubrifiante.
- C. Par un intercooler.
- D. Les réponses B et C sont toutes les deux correctes.





## Question 5

**Quelle est la raison pour laquelle la pompe du liquide de refroidissement et la pompe à huile continuent généralement à fonctionner après avoir coupé un moteur turbo?**

- A. La lubrification encore présente protège les paliers.
- B. C'est nécessaire pour vider les conduites.
- C. Pour évacuer la chaleur du turbo et éviter des tensions de matériaux.
- D. Les réponses B et C sont toutes les deux correctes.

## Question 6

**Quelle mesure évite les dégâts aux paliers du turbo?**

- A. Après un démarrage à froid, ne pas accélérer immédiatement, afin de pouvoir amener l'huile et éviter le contact métallique.
- B. Après un trajet long ou intense, ne pas couper le moteur immédiatement, sinon la pression d'huile va tomber et une usure peut se produire par contact métallique.
- C. Faire tourner un peu le moteur au ralenti, afin que le carter de turbine puisse rester à température constante et que l'huile moteur subisse moins de contraintes thermiques afin d'éviter une « carbonisation ».
- D. Faire régulièrement – de préférence une fois par mois – l'entretien avec une huile adaptée à cet effet.

## Question 7

**Qu'entend-on par « trou à l'accélération »?**

- A. Le diamètre du mécanisme du carter de paliers.
- B. Le phénomène selon lequel un turbo ne commence réellement à fonctionner qu'à un certain régime.
- C. L'espace sous le capot moteur où le turbo doit être placé selon l'usine.
- D. Les limites des possibilités de modification pour gonfler soi-même un turbo.

## Question 8

**L'aluminium n'est pas utilisé pour les arbres de turbine parce que:**

- A. Il n'est pas suffisamment solide pour supporter des dégâts causés par des objets étrangers.
- B. Il ne peut pas être coulé dans le bon moule.
- C. Il fondrait aux températures d'échappement courantes dans un turbo.
- D. Personne ne l'a encore essayé.

## Question 9

Laquelle des affirmations suivantes au sujet des dispositifs de commande électroniques n'est pas correcte?

- A. Ce dispositif de commande contrôle la position des vannes variables.
- B. Ce dispositif de commande assure un meilleur contrôle sur la pression du turbo et la vitesse de l'arbre de turbine.
- C. Ce dispositif de commande communique avec la gestion du moteur.
- D. Ce dispositif de commande est utilisé tant dans les moteurs diesel que dans les moteurs à essence.

## Question 10

L'avantage d'un turbo variable par rapport à un turbo ordinaire est le suivant:

- A. Une commande plus rapide des vannes variables dans les turbocompresseurs.
- B. Le turbo est devenu un ensemble plus complexe.
- C. L'utilisation de vannes variables pour pouvoir varier ainsi l'entrée du turbo.
- D. Assurer une pression de turbo plus importante uniquement dans le régime plus bas du moteur.



## 11. TEST À CHOIX MULTIPLE