

Prenom et nom	Maintenance Automobiles	M. NDOUR
---------------	-------------------------	----------

# 1/ Introduction

On sait qu'un moteur à essence n'a pas un remplissage de 100%, il avoisine plutôt les 80% à 85% dans les meilleurs cas.

Or, il existe une solution pour compenser ce problème et augmenter le remplissage du moteur : faire entrer le mélange air/essence ou l'air d'admission « sous pression » afin de « gaver » les cylindres.

# 2/ Principe

Le principe de la suralimentation est simple. C'est une « pompe » qui comprime l'air et l'envoie dans les cylindres de façon à « gaver » le moteur pour l'obliger à brûler une quantité supérieure de mélange dans un même cycle donc un mélange plus énergétique.

Il existe plusieurs types de compresseurs en automobile, on connaît surtout:

**a) La famille des compresseurs centrifuges :**

Le turbocompresseur (le plus utilisé en automobile)

**b) La famille des compresseurs volumétriques :**

Le compresseur Roots (Mercedes, Lancia, ...)

Le compresseur à spirale (Volkswagen Golf G 60, Polo G40...)

# 3/ Rôle

On peut avoir recours à la suralimentation pour :

Compenser la diminution de la densité de l'air avec l'altitude (cas de l'aviation)

Compenser les pertes de remplissage d'un cylindre en s'approchant du remplissage 100 % (cas de l'automobile pour moteur faiblement suralimenté)

Augmenter la quantité de mélange fourni au moteur pour en accroître les performances (cas le plus courant en l'automobile).

Prenom et nom	Maintenance Automobiles	M. NDOUR
---------------	-------------------------	----------

## 4/ Définitions

### a) *Le rapport de compression :*

C'est le rapport R de la pression P2 de l'air en sortie de compresseur, par rapport à la pression P1 de l'air à l'entrée du compresseur.

On a donc :  **$R = P2 / P1$**

Exemple : Si la pression atmosphérique est d'environ 1 bar on aura :

$R = 1,5 / 1 = 1,5$  bar de pression en sortir de compresseur.

### b) *Le débit du compresseur :*

C'est la quantité d'air comprimé que fournit le compresseur.

Il est exprimé en kilogramme/seconde.

Il est déterminé par le choix du compresseur selon les besoins du moteur.

### c) *Le rendement du compresseur :*

Il est donné par la formule :  $\eta = (T2 \text{ théorique} - T1) / (T2 \text{ réelle} - T1)$

Environ 0,75 pour les compresseurs actuels

T2 : est la température de l'air en sortie de compresseur

T1 : est la température de l'air à l'entrée du compresseur

Nota : La T2 théorique est celle issue des lois thermodynamiques théoriques, c'est à dire par le calcul.

### d) *Le régime du compresseur :*

C'est une donnée très importante puisque c'est de lui que découle toutes les lois précédentes.

Pour un faible régime, on aura donc une faible suralimentation, donc mauvais rendement (souvent plus mauvais que pour un moteur atmosphérique) et un petit débit.

## 5/ Etude du compresseur centrifuge: TURBOCOMPRESSEUR

Un compresseur centrifuge fonctionne comme une pompe centrifugeuse.

Sous l'effet de la force centrifuge due à la vitesse de rotation, l'air est chassée vers la périphérie de la roue, ce qui crée une dépression en son centre d'ou aspiration de l'air.

Pour fonctionner correctement, ces compresseurs doivent tourner très vite ( $> 100\ 000$  tr/min) sinon on obtient pas les débits désirés.

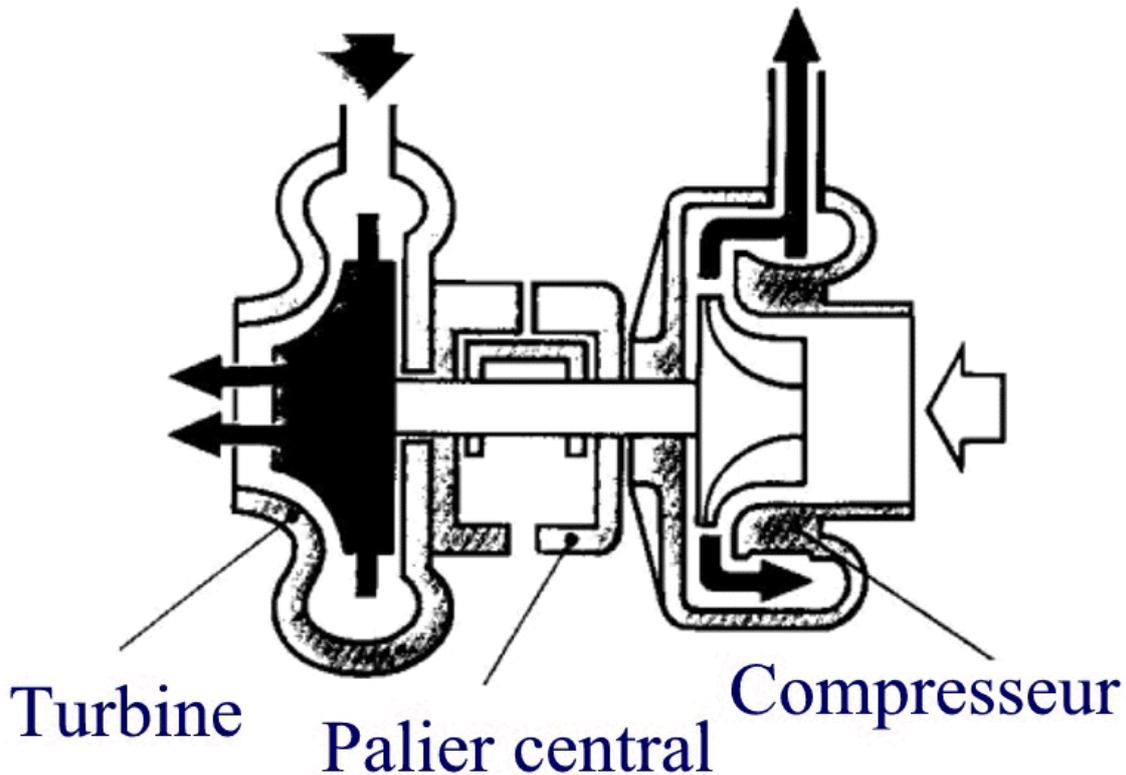
C'est pourquoi ils ne sont souvent pas « rentables » en dessous d'un certain régime moteur (env. 2800 tr/min). Ce régime est dit : ***régime d'accrochage***.



**a) Fonctionnement :**

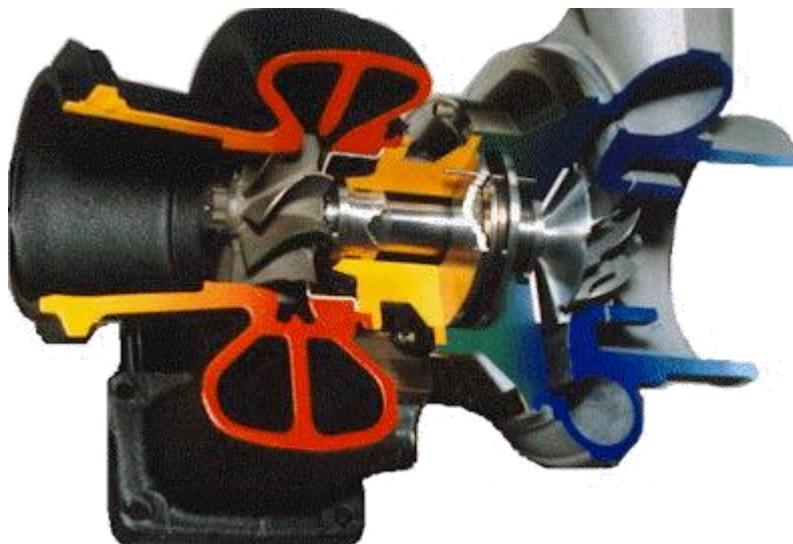
L'entraînement de la turbine est réalisé par une énergie gratuite et que l'on ne peut éviter : **les gaz d'échappement**.

Comme ils sont encore sous pression et chaud, on se servira de cette énergie pour entraîner une turbine avant de les laisser rejoindre la tuyauterie d'échappement.

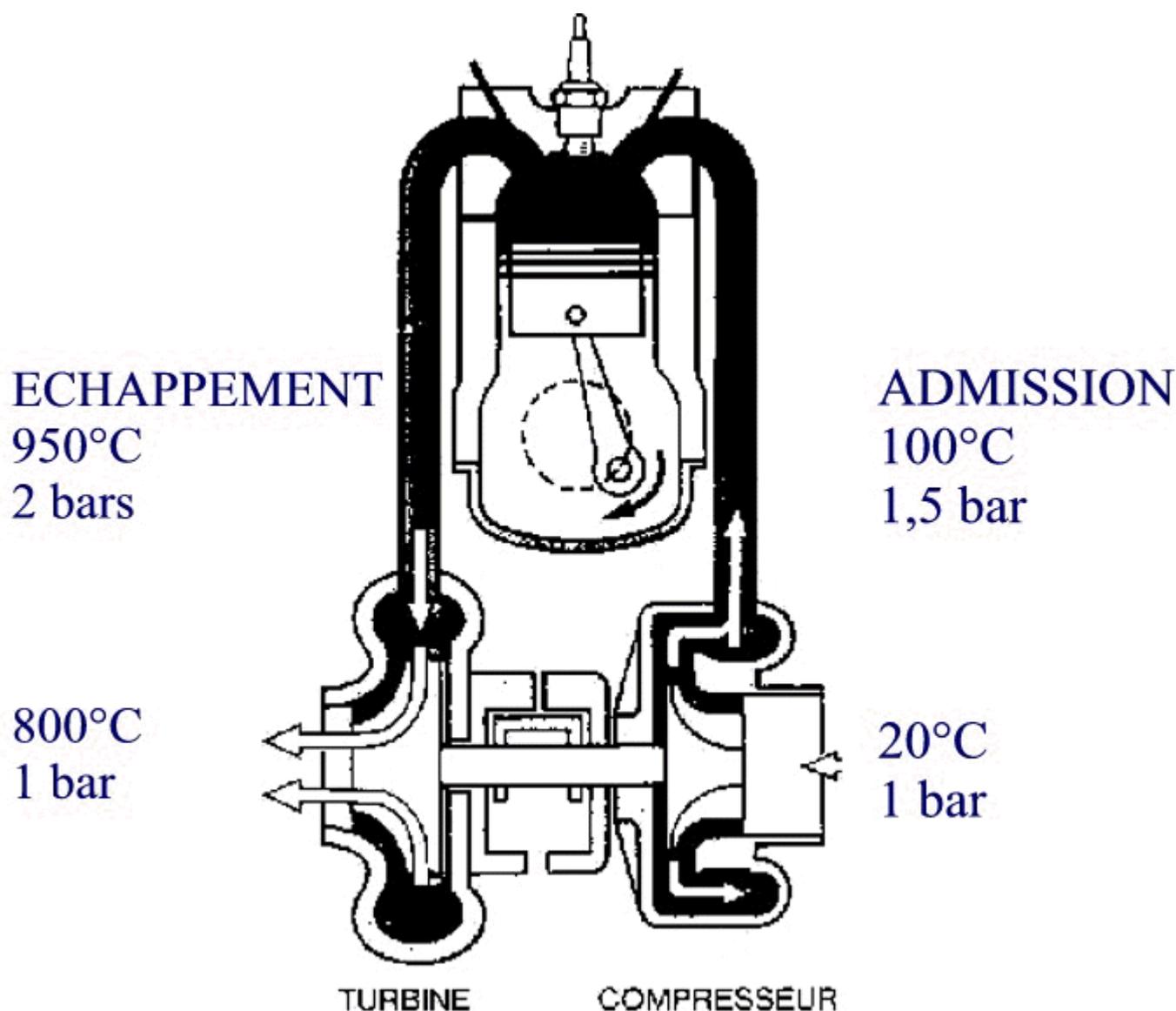


Cette turbine entraînée par les gaz d'échappement est reliée par un axe à une roue à ailette appelée : **le compresseur**.

Ce conduit est en communication avec l'air d'admission. Bien entendu, les deux conduits sont isolés l'un de l'autre.



La turbine entraîne donc directement le compresseur qui fourni alors de l'air sous pression au moteur.



Le turbocompresseur à donc deux phases de fonctionnement :

La phase atmosphérique (pression d'alimentation inférieure ou égale à Pa)

La phase suralimentée (pression d'alimentation supérieure à Pa)

La phase suralimentée est atteinte au environ de 50 000 tr/min que l'on nomme régime « d'accrochage » du turbocompresseur.

**b) Les deux principaux problèmes :**

La pression de suralimentation engendre une compression plus importante dans le cylindre et favorise ainsi la détonation. De plus la température d'air diminue la densité d'oxygène, or le principe de la suralimentation est justement d'augmenter cette proportion d'oxygène

Si le moteur nécessite une suralimentation importante, il sera donc obligatoire de prévoir un système de refroidissement de l'air aspiré

Plus le moteur tourne vite, plus la turbine et donc le compresseur prennent de la vitesse, le débit à l'admission augmente et la quantité de gaz d'échappement aussi. La turbine tournera plus vite et ainsi de suite jusqu'à rupture de l'axe du turbo ou : du MOTEUR.

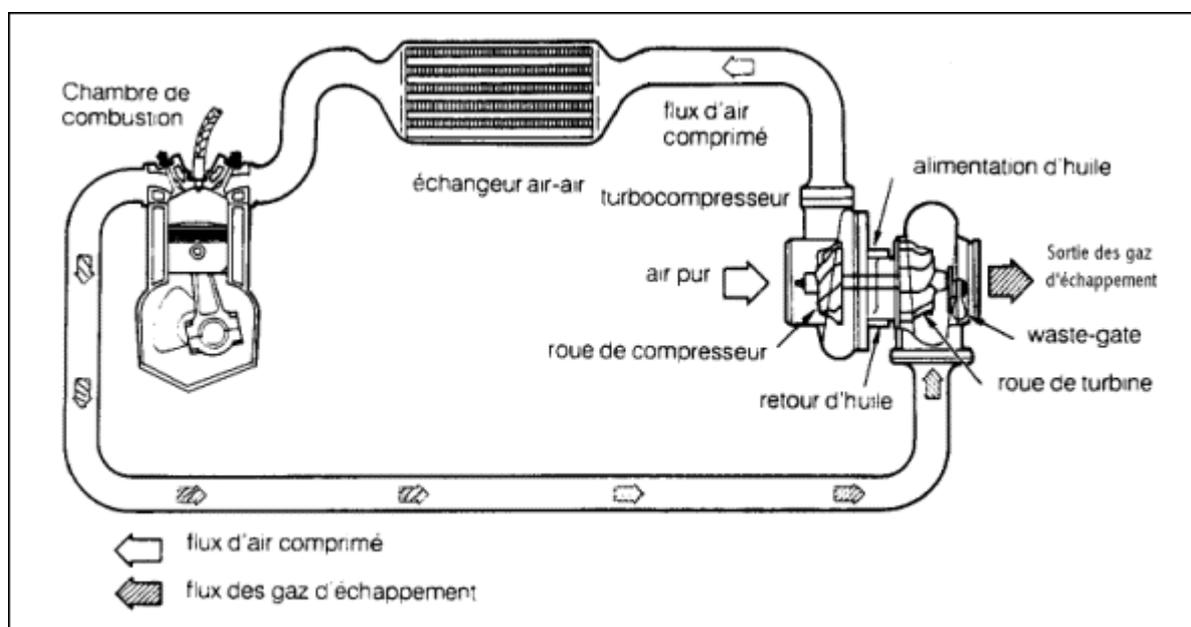
Il faut donc prévoir un système de **régulation de pression de suralimentation**.

**c) Le refroidissement de l'air d'admission :**

L'échangeur a pour rôle de ramener la température de l'air comprimé aux alentours de 50 à 60°C.

Ce montage permet :

- D'améliorer le remplissage par augmentation de la densité de l'air
- De protéger les organes du moteur en éloignant les risques de détonation



Il existe deux types d'échangeur :

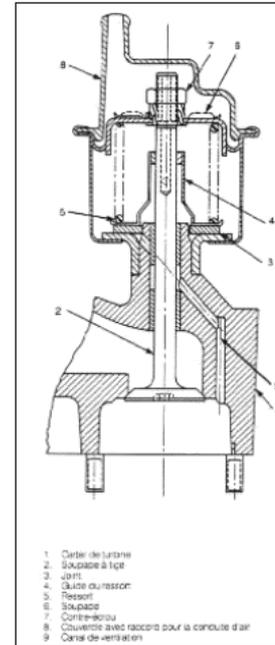
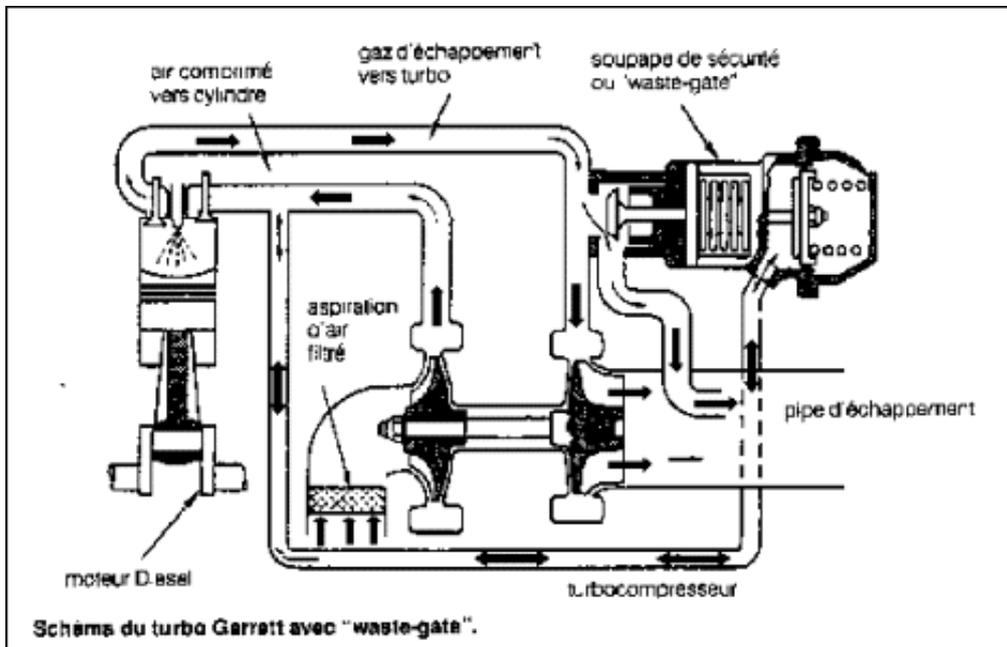
- Le type air/air
- Le type air/eau

Le principe consiste à faire refroidir l'air d'admission soit par de l'air extérieur, soit par le liquide de refroidissement du moteur.

Sur certains moteurs à caractère sportif, on trouve un système mixte air/eau/air.

#### d) La régulation de pression de suralimentation :

Le principe est de limiter la vitesse de la turbine donc du compresseur. Dès que la valeur de pression de suralimentation est atteinte, on régule cette vitesse. On dévie donc une partie des gaz d'échappement lorsque cela est nécessaire.



Fonctionnement : Ce régulateur comporte une soupape dont l'ouverture est commandée par la pression de suralimentation. Si cette pression n'est pas suffisante, le ressort maintient la soupape fermée. Dès que la pression de suralimentation est supérieure au tarage du ressort, la soupape s'ouvre laissant passer une partie des gaz d'échappement qui n'entraîneront plus la turbine.

Ce régulateur est appelé : **waste gate**.

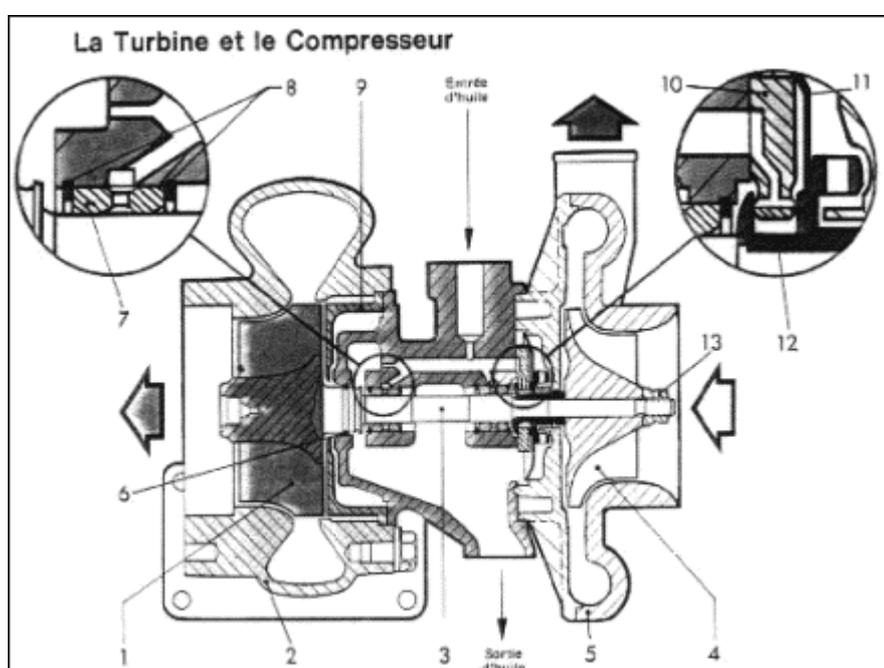
Souvent, les constructeurs installent une double sécurité au cas où la waste gate « gripe » ou reste fermée. Dans ce cas, un pressostat est monté afin de contrôler la pression de suralimentation. Si cette pression devient trop importante, le calculateur ne permet plus l'injection ou l'allumage (suivant montage) après la valeur de régulation déterminée.

### e/ La turbine et le compresseur

La turbine : doit résister à des températures d'environ 900°C. Son carter (2) est généralement en fonte spéciale pour résister à cette température et à l'éclatement. La roue (1) qui est très sollicitée mécaniquement en raison de la finesse des pales et des régimes élevés qu'elle peut atteindre, est réalisée à l'aide d'un alliage recherché. Elle est soudée sur l'axe (3) par friction.

Le compresseur : son carter (5) et sa roue son en alliage d'aluminium. La roue (4) est bloquée sur l'axe (3) avec un écrou (13). Cependant elle est équilibrée avec l'axe par meulage sur sa périphérie.

Pour obtenir un bon rendement le jeu entre les roues et les carters doivent être très faibles. Les roues sont faites par procédé dit « à cire perdue » (la roue est d'abord réalisé en cire, puis le moule est crée autour). Puis la cire est fondue et le métal est injecté. C'est une méthode de fabrication qui revient assez cher mais qui garantie une grande précision de fabrication.



### f/ Le palier central

L'axe turbine/compresseur est tenu par deux paliers montés « fluides » c'est à dire graissés sous pression. Ces paliers sont constitués de 2 bagues (7) de bronze recouvertes d'étain soit en aluminium. Elles sont percées de trous et maintenues par des circlips (8) et sont montés avec un « jeu » de 0,05 à 0,10 mm de façon à ce qu'un film d'huile puisse s'interposer entre :

Bagues et carter  
Bagues et axe

Il en résulte que les bagues tournent approximativement à demi vitesse de l'axe.

On remarque aussi la présence d'une cloche de tôle (9) derrière la roue de turbine. Cependant, c'est l'huile de graissage qui à pour rôle d'évacuer la chaleur.

De ce fait, il est nécessaire d'avoir un circuit d'huile à fort débit (8 à 10 l/min). De plus, le circuit de retour est de fort diamètre pour éviter toute contre-pression qui provoquerait l'échauffement et la destruction des paliers.

Prenom et nom	Maintenance Automobiles	M. NDOUR
---------------	-------------------------	----------

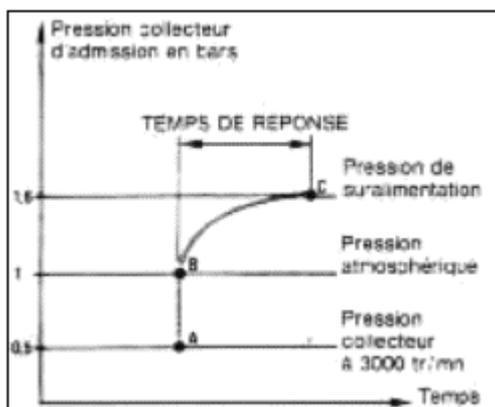
L'étanchéité est obtenue :

Coté turbine : par un segment en fonte (6)

Coté compresseur : soit par un segment en fonte renforcé dans son action par la pression de l'air fournie par le compresseur qui stoppera l'huile , soit par un joint à face de carbone qui à une très bonne étanchéité, une faible usure mais provoque un frottement important augmentant ainsi l'inertie du turbo, donc la consommation de carburant et le temps de réponse.

La butée axiale est constituée d'un manchon d'acier (12) solidaire de l'arbre et qui prend appui sur une rondelle en bronze (10). Elle possède un circuit de graissage et est maintenue en place par une rondelle élastique (11). Son rôle est d'absorber la poussée due aux gaz sortant de la turbine.

### g/ Le temps de réponse



A bas régime, l'accélération est « normale » comme sans suralimentation, puis arrivé au régime dit « d'accrochage » elle croît fortement.

Le temps de réponses est le temps nécessaire pour passer d'une accélération Pa (Pression atmosphérique) à une suralimentation.

Exemple : Si le véhicule roule et que le moteur tourne à 3000 tr/min (point A), que le conducteur accélère à fond :

- Immédiatement, la pression passe de A à B donc le moteur atmosphérique n'a pas de temps de réponse
- Mais pour passer de B à C avec un moteur suralimenté (donc de la Pa à suralimentation) il faut environ un délai d'une seconde si la turbine tourne à 60 000 tr/min. C'est le temps de réponse.

Bien sûr, le temps de réponse est lié au régime initial du turbo.

Prenom et nom	Maintenance Automobiles	M. NDOUR
---------------	-------------------------	----------

### ***h/ Modifications nécessaire pour le montage d'un turbocompresseur***

Dans un moteur atmosphérique, on peut trouver des pressions maxi de 50 à 70 bars dans le cylindre. Dans un moteur turbocompressé cette pression peut atteindre 70 à 80 bars pour une pression de suralimentation inférieure à 2 bars.

**En raison du très grand dégagement de chaleur, beaucoup d'organes doivent être modifiés ou renforcés:**

Soupapes (au sodium)

Sièges de soupapes (stellites)

Segments

Guides de soupape (bronze ou laiton)

Chemises

Pistons (arrosage de la tête « ciel de piston » par jet d'huile

Refroidissement de la culasse et du système amélioré

Réduction du rapport volumétrique pour éviter la détonation (6,5 à 8,5 à 1)

Avance réglée plus précisément et système d'allumage réétudié (bougies...)

Nouvelle étude des dosages de carburant (essence et Diesel)

Montage d'un détecteur de cliquetis

Modification du circuit de graissage (pompe fort débit, « piquage » et retour pour le turbo...)