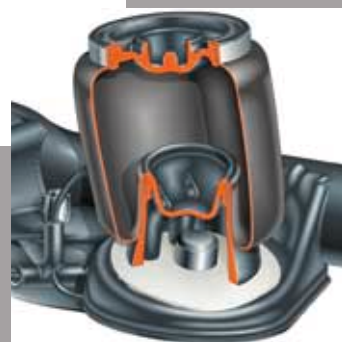




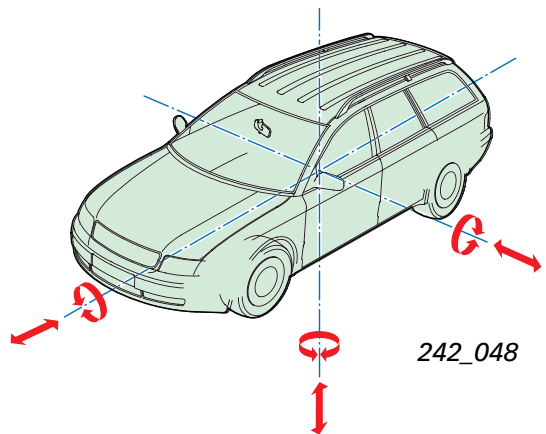
**Systèmes de suspension
pneumatique - Partie 1
Correction d'assiette sur l'Audi A6
Conception et fonctionnement**

Programme autodidactique 242

Suspension pneumatique avec correcteur d'assiette

Ce programme autodidactique se subdivise en deux parties :

Suspension, amortissement et suspension pneumatique - Notions de base



Correcteur d'assiette équipant l'A6

La suspension pneumatique équipant le train arrière de l'Audi A6 Avant y est décrite.



La suspension pneumatique à 4 paliers de l'Audi allroad quattro est traitée dans le programme autodidactique 243.

Pour de plus amples informations sur l'Audi allroad quattro, prière de se reporter au programme autodidactique 241.



Notions de base

Suspension du véhicule.....	4
Dispositif de suspension	6
Oscillations.....	8
Paramètres des ressorts	12
Châssis classique sans correcteur d'assiette	14

Notions de base - suspension pneumatique

Suspension pneumatique avec correcteur d'assiette	16
Paramètres du ressort pneumatique	21
Amortissement des vibrations	23
Amortisseur	25
Amortisseur PDC	33

Correcteur d'assiette - A6

Synoptique du système	38
Ressorts pneumatiques	40
Groupe d'alimentation pneumatique	42
Schéma pneumatique	43
Compresseur	44
Sécheur d'air	47
Clapet de décharge N111	48
Clapets de jambe de force N150 et N151	51
Transmetteur de correcteur d'assiette G84	52
Appareil de commande du correcteur d'assiette J197	54
Témoin de correcteur d'assiette K134	55
Schéma fonctionnel	56
Interfaces	57
Concept de régulation	58
Autres particularités du concept de régulation	60



Le programme autodidactique renseigne sur la conception et le fonctionnement.

Le programme autodidactique n'est pas un Manuel de réparation !

Pour les travaux de maintenance et de réparation, prière de se reporter à la documentation technique la plus récente.

**Nouveau !
Nota !**



**Attention !
Nota !**



Notions de base



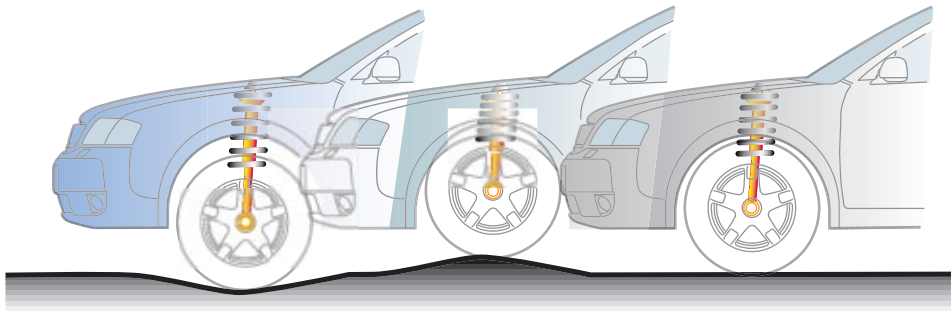
Suspension du véhicule

Les chaussées sur lesquelles les véhicules automobiles sont amenés à circuler sont toujours plus ou moins déformées. Des chocs se produisent alors au niveau des roues. Les forces engendrées sont transmises à la carrosserie du véhicule via la suspension et la suspension des roues.

La suspension du véhicule a pour tâche d'absorber et de réduire ces forces.

Il convient par principe de faire la différence, au niveau de la suspension du véhicule, entre **dispositif de suspension** et **dispositif d'amortissement des oscillations**.

L'interaction des deux systèmes permet de réaliser :



242_003

Sécurité de conduite

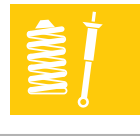
Le contact des roues avec la chaussée, important pour le freinage et le maintien de la trajectoire, est maintenu.

Confort de conduite

L'inconfort des passagers - pouvant avoir des répercussions sur la santé - ou les risques de détérioration des marchandises transportées sont évités.

Sécurité de fonctionnement

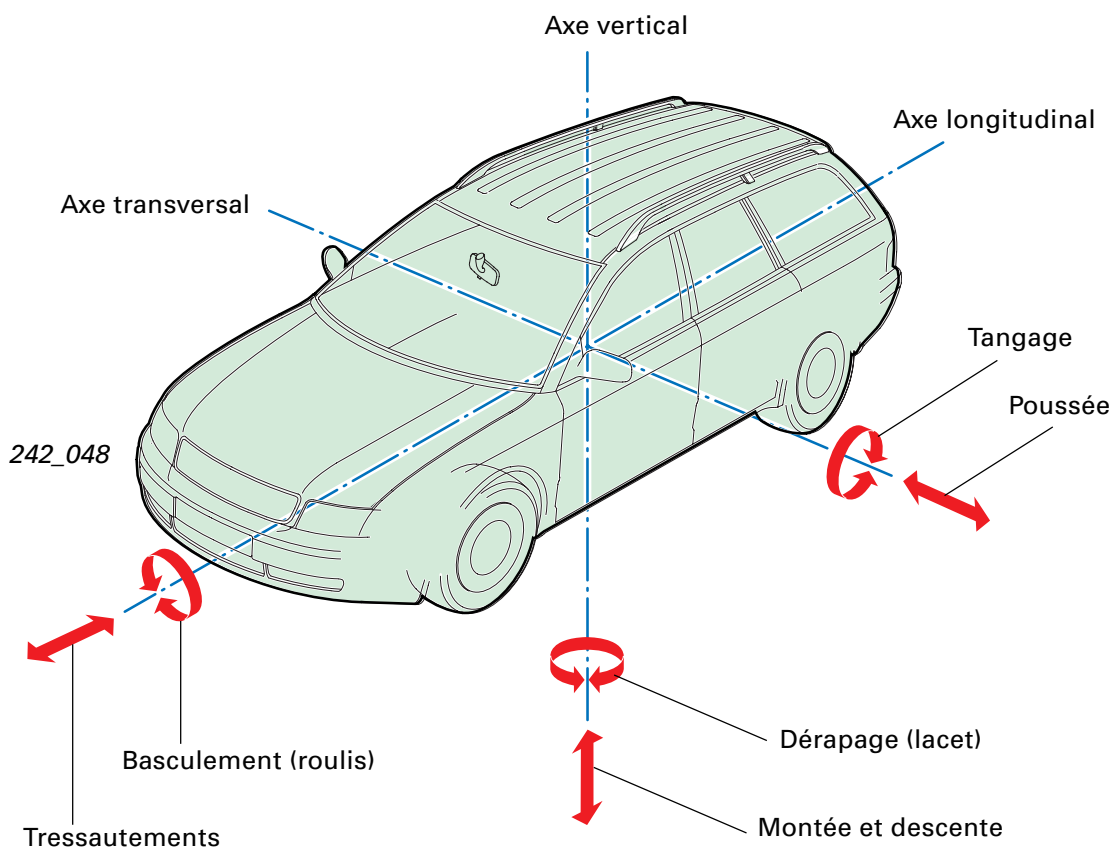
Les pièces du véhicule sont protégées des sollicitations importantes.



En marche, on rencontre non seulement des forces provoquant des mouvements de décollement et de retombée de la carrosserie du véhicule, mais aussi des forces exerçant des déplacements et oscillations selon les trois axes.

C'est la raison pour laquelle la mise au point correcte du système de suspension et d'amortissement des oscillations revêt une grande importance.

Outre la cinématique de l'essieu, la suspension du véhicule exerce une influence décisive sur ces mouvements et oscillations.



Notions de base



Dispositif de suspension

Les éléments élastiques, composants de base du dispositif de suspension, assurent la liaison entre la suspension des roues et la carrosserie. Ce système est complété par l'action des pneumatiques et des sièges du véhicule.

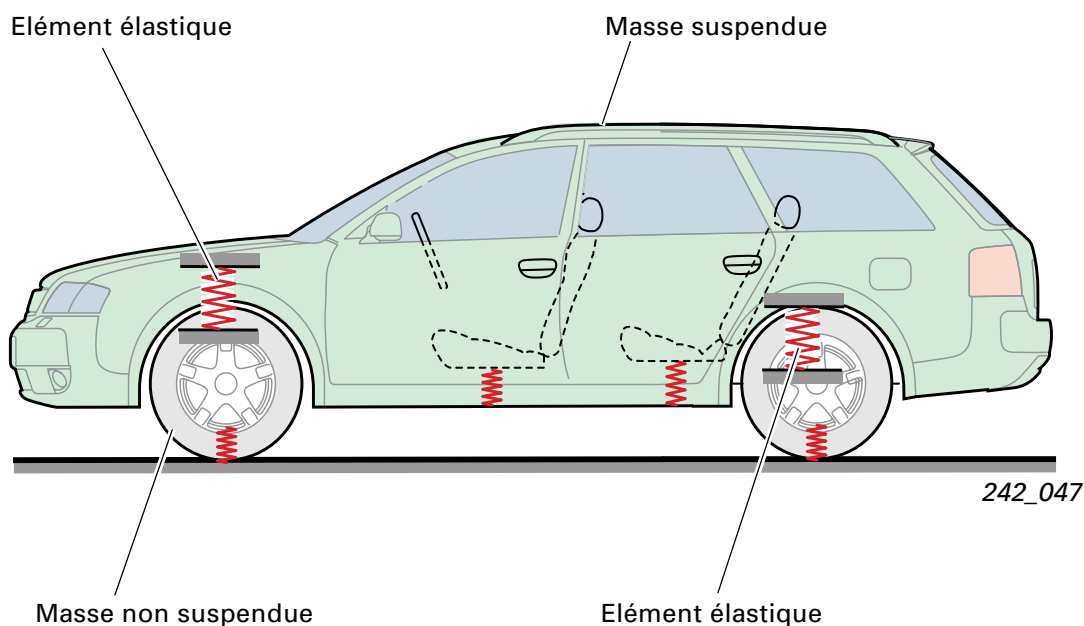
Les éléments élastiques peuvent être de différente nature : ressorts acier, masse de gaz/air, blocs en caoutchouc/élastomère ou combinaisons d'entre eux.

Sur les voitures particulières, il est essentiellement fait appel à des ressorts acier. Ces ressorts acier peuvent présenter les formes les plus diverses ; la forme la plus courante est le ressort hélicoïdal.

La suspension pneumatique, utilisée depuis de nombreuses années sur les poids lourds, s'applique de manière croissante au secteur des voitures particulières en raison des avantages liés au système.

Sur le véhicule, on fait la distinction entre les **masses suspendues** (carrosserie avec chaîne cinématique et pièces du châssis) et les **masses non suspendues** (roues et freins ainsi que pièces du châssis et des arbres d'essieu).

Le dispositif de suspension transforme le véhicule en un système capable d'osciller selon une fréquence propre de carrosserie définie par les masses suspendues et la mise au point du dispositif de suspension (cf. chapitre "oscillations").



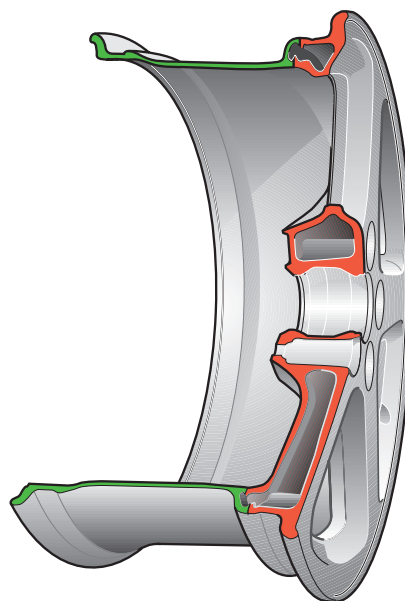


Masses non suspendues

On s'efforce systématiquement de limiter à un minimum les masses non suspendues, afin de minimiser leur influence sur le comportement vibratoire (fréquence propre de la carrosserie). De surcroît, une faible inertie de masse réduit la sollicitation due aux chocs des composants non suspendus et améliore nettement la réponse de la suspension. Ces répercussions se traduisent par une augmentation sensible du confort de conduite.

Exemples de réduction des masses non suspendues :

- ▶ Roue à rayons creux en aluminium
- ▶ Eléments du châssis (palier orientable, support de roue, bras, etc.) en aluminium
- ▶ Etriers de frein en aluminium
- ▶ Pneumatiques optimisés en termes de poids
- ▶ Optimisation du poids des pièces du châssis (moyeux de roue p. ex.)



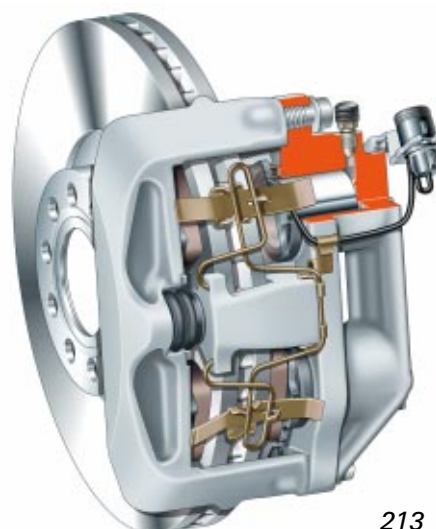
213_041



213_091



Veillez également consulter le Programme autodidactique 213, chapitre "Châssis".



213_068



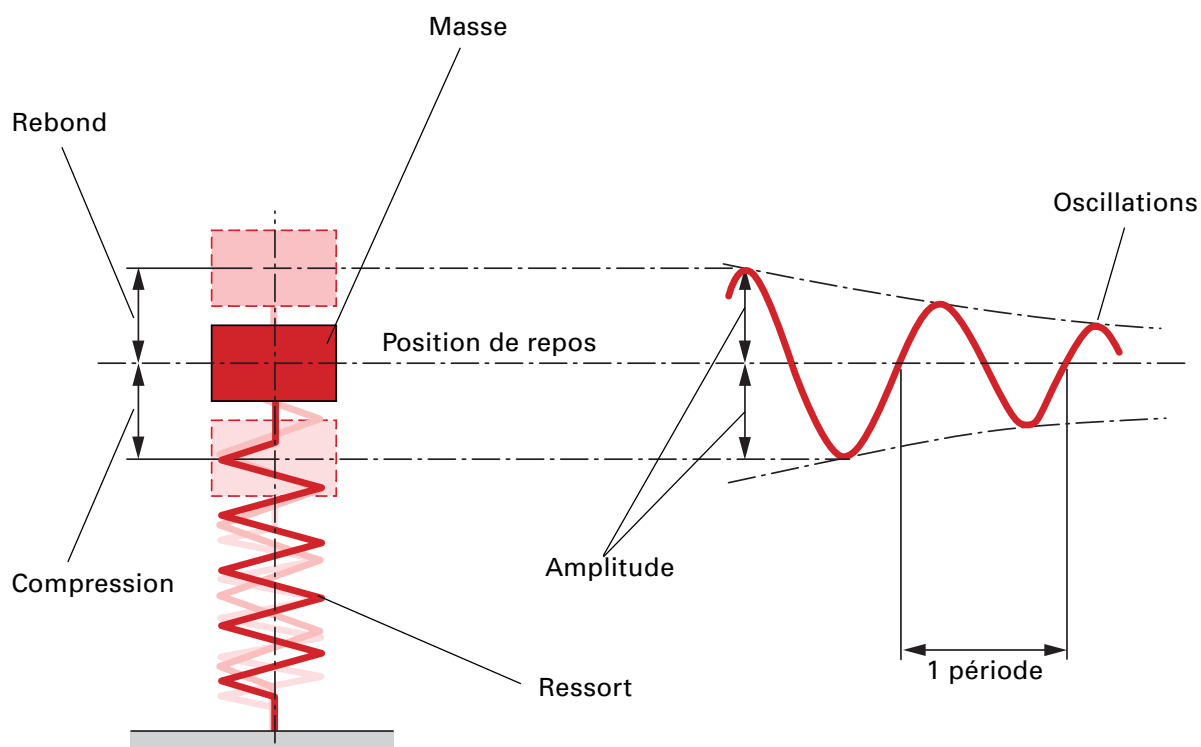
Oscillations

Si une masse fixée sur un ressort est déviée de sa position de repos par une force, il y a génération, au niveau du ressort, d'une force de rappel, qui provoque une oscillation en retour de la masse. La masse **oscille** alors, dépassant sa position de repos, si bien qu'une nouvelle force de rappel est générée. Ce schéma se répète jusqu'à ce que l'oscillation cesse en raison de la résistance de l'air et de la friction interne du ressort.

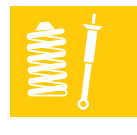
Fréquence propre de la carrosserie

Les oscillations sont définies par la valeur de l'amplitude et sa fréquence. Lors de la mise au point du châssis, il faut accorder une importance particulière à la fréquence propre de la carrosserie.

La fréquence propre des masses non suspendues s'inscrit, dans le cas d'un véhicule de catégorie moyenne, entre 10 Hz et 16 Hz. La mise au point du dispositif de suspension permet de réduire la fréquence propre de la carrosserie (masse suspendue) à 1 Hz -1,5 Hz.



242_021



La fréquence propre de la carrosserie est déterminée pour l'essentiel par les paramètres des ressorts (taux d'élasticité) et par la masse suspendue.

Une masse plus importante ou des ressorts à faible raideur se traduisent par une fréquence propre de la carrosserie assez faible et un débattement (amplitude) plus important.

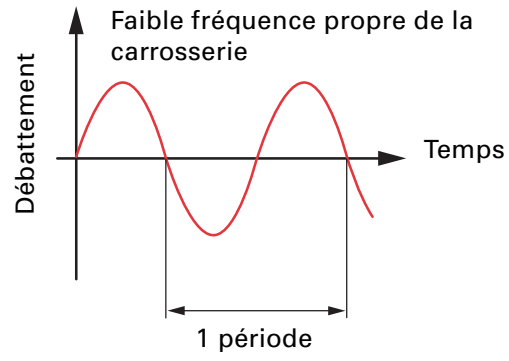
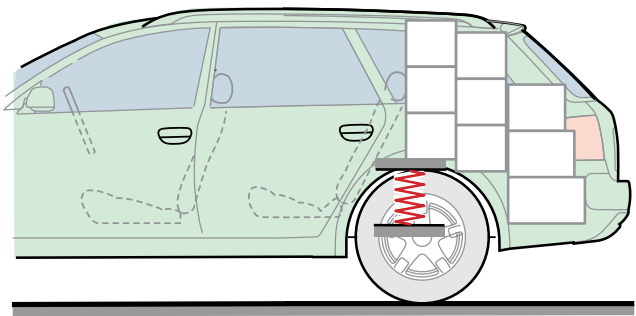
Une masse plus faible ou des ressorts plus raides résultent en une fréquence propre de la carrosserie plus élevée et un débattement moins important.

Suivant les personnes, une fréquence propre de carrosserie inférieure à 1 Hz peut provoquer le mal de la route. Des fréquences supérieures à 1,5 Hz influent sur le confort de conduite et sont ressenties comme secousses à partir d'environ 5Hz.

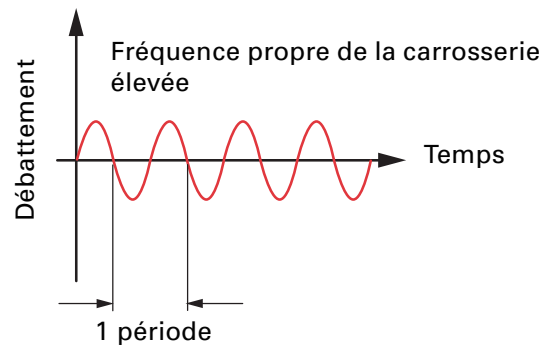
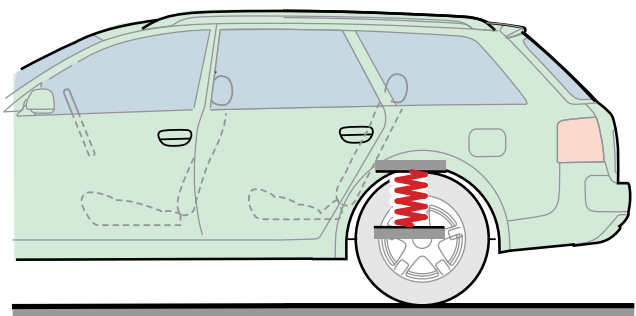
Définitions

Oscillation	Mouvement de soulèvement et d'abaissement de la masse (carrosserie)
Amplitude	Ecart maximal de la masse oscillante par rapport à la position de repos (déviation due à l'oscillation, débattement)
Période	Temps d'oscillation (une oscillation)
Fréquence	Nombre d'oscillations (périodes) par seconde
Fréquence propre de la carrosserie	Nombre d'oscillations de la masse suspendue (carrosserie) par seconde
Résonance	La masse est heurtée au rythme de son oscillation par une force, ce qui provoque l'augmentation de l'amplitude (accroissement par résonance).

Masse plus importante ou ressort à plus faible raideur



Masse plus faible ou ressort à plus forte raideur



Notions de base



Harmonisation de la fréquence propre de la carrosserie

Suivant le moteur et l'équipement, les charges sur essieu (masses suspendues) peuvent, pour un même type de véhicule, varier très fortement.

En vue de garder une hauteur de carrosserie (optique) et la fréquence propre de la carrosserie, déterminante pour le comportement dynamique, pratiquement identiques pour toutes les variantes, différentes combinaisons de ressorts-amortisseurs sont montées sur le train AV et AR en fonction de la charge sur essieu.

La fréquence propre de carrosserie de l'Audi A6 est ainsi définie à 1,13Hz au niveau du train AV et à 1,33Hz au niveau du train AR (état défini au stade de la conception).

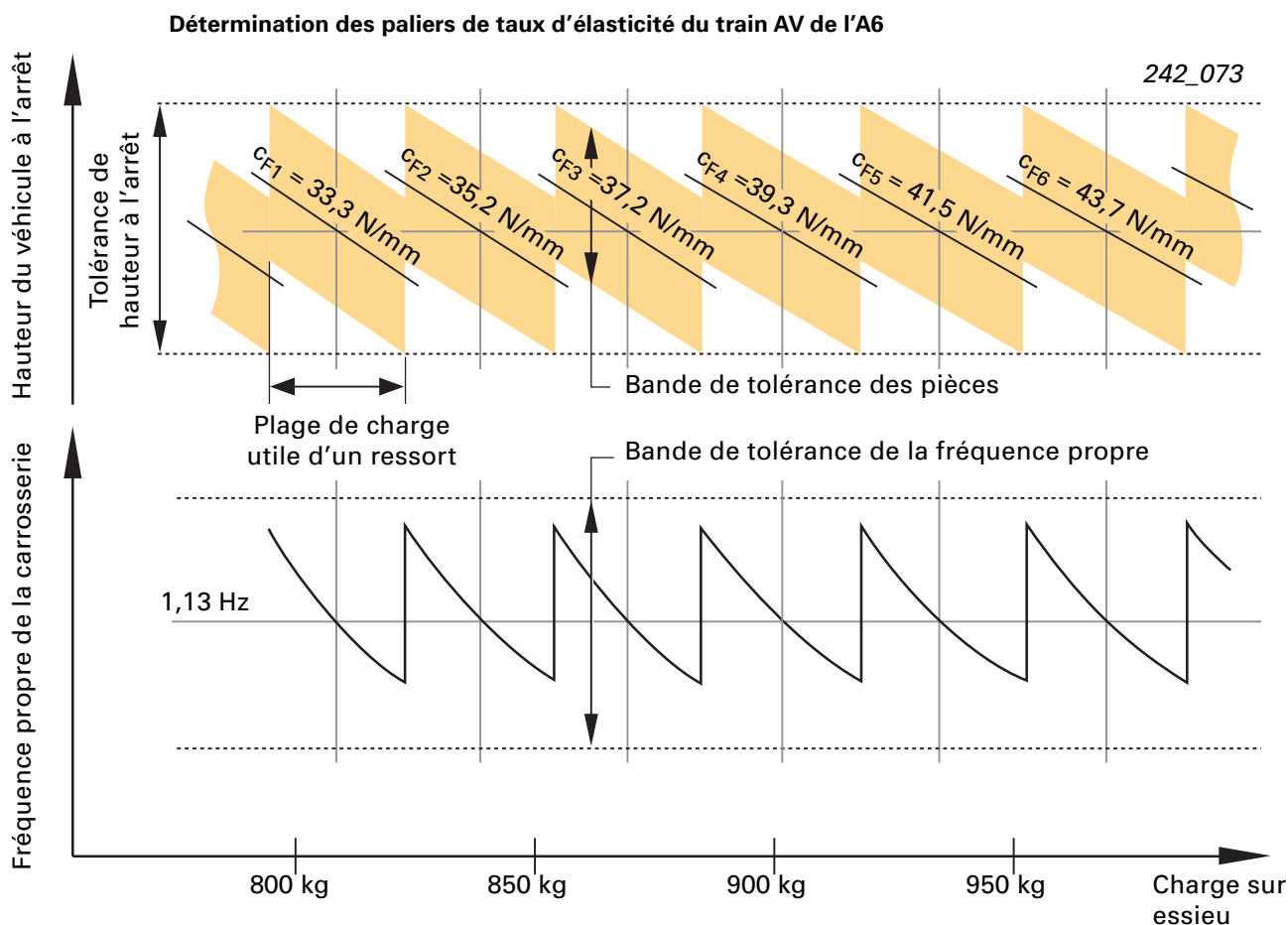
Le taux d'élasticité des ressorts détermine donc l'importance de la fréquence propre de carrosserie.

En vue de différencier les différents taux d'élasticité, les ressorts sont repérés par des couleurs spécifiques (cf. tableau).

Le degré d'amortissement de l'amortisseur de vibrations n'exerce pas d'influence notable sur l'importance de la fréquence propre de carrosserie. Il influe uniquement sur la vitesse d'élimination des oscillations (taux d'amortissement). Pour de plus amples informations, prière de se reporter au chapitre Amortissement des vibrations.



Sur les châssis standard sans correcteur d'assiette, le train AR est toujours mis au point pour une fréquence propre de carrosserie plus importante, étant donné que lors du chargement, c'est surtout la charge sur essieu du train AR qui augmente, la fréquence propre de carrosserie diminuant alors.



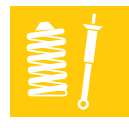


Tableau d'appariement des ressorts (exemple : A6, train AV 1BA)

N° PR Catégorie de poids train AV		Charge sur essieu (kg)	Ressorts, G et D (taux d'élasticité)	Repérage par couleur
Châssis standard 1 BA, p. ex.	OJD	739 - 766	800 411 105 AN (29,6 N/mm)	1 violet, 3 marron
	OJE	767 - 794	800 411 105 AP (31,4 N/mm)	1 blanc, 1 marron
	OJF	795 - 823	800 411 105 AQ (33,3 N/mm)	1 blanc, 2 marron
	OJG	824 - 853	800 411 105 AR (35,2 N/mm)	1 blanc, 3 marron
	OJH	854 - 885	800 411 105 AS (37,2 N/mm)	1 jaune, 1 marron
	OJJ	886 - 918	800 411 105 AT (39,3 N/mm)	1 jaune, 2 marron
	OJK	919 - 952	800 411 105 BA (41,5 N/mm)	1 jaune, 3 marron
	OJL	953 - 986	800 411 105 BM (43,7 N/mm)	1 vert, 1 marron
	OJM	987 - 1023	800 411 105 BN (46,1 N/mm)	1 vert, 2 marron
Châssis sport 1BE, p. ex.	OJD	753 - 787	800 411 105 P (40,1 N/mm)	1 gris, 3 violet
	OJE	788 - 823	800 411 105 Q (43,2 N/mm)	1 vert, 1 violet
	OJF	824 - 860	800 411 105 R (46,3 N/mm)	1 vert, 2 violet
	OJG	861 - 899	800 411 105 S (49,5 N/mm)	1 vert, 3 violet
	OJH	900 - 940	800 411 105 T (53,0 N/mm)	1 jaune, 1 violet
	OJJ	941 - 982	800 411 105 AA (56,6 N/mm)	1 jaune, 2 violet
	OJK	983 - 1027	800 411 105 AB (60,4 N/mm)	1 jaune, 3 violet

Justificatif de garantie
Caractéristiques du véhicule

N° d'identification du véhicule

Explication du type

Puissance du moteur / BV / Mois / année de fabrication

Lettres-repères du moteur / de la boîte

N° de peinture / N° d'équipement intérieur

N° d'options

WAUZZZ4B2YNO24779

4B2 OQH 5262273

A6 Limousine 2.8

142KW A6M 08/99

LZ6X/LZ6X N5A/ BR

EOA 4UE 6XK 1AT 1BA

IKD JOL 1LT 3FA 5MZ 7X0

FOA OLW BGL 0Q7 OYF OJL

T7F 3NZ BJG 01C X9X 1N1

1MU 3H0 8G2 9G2 B25 MT4

3L5 4KV 3Y0 4K4 5D1

1SA Q1D 4GK

Date de livraison

Châssis

Cachet du fournisseur Audi

Catégorie de poids du train AV

Catégorie de poids du train AR

Poids à vide / Valeurs de consommation / Emission de CO₂

1594 14.4 7.2 9.8 235

242_108



Paramètres des ressorts

Courbe caractéristique des ressorts/taux d'élasticité

Lorsque l'on établit un diagramme force-débattement, on obtient la courbe caractéristique du ressort.

Le taux d'élasticité est le rapport entre la force agissante et le débattement. L'unité de mesure du taux d'élasticité est N/mm. Il renseigne sur la raideur ou la souplesse d'un ressort.

Si le taux d'élasticité est constant sur tout le débattement, la courbe caractéristique du ressort est linéaire.

Un ressort souple possède une courbe caractéristique plate, un ressort raide se reconnaissant quant à lui à la forte pente de sa courbe caractéristique.

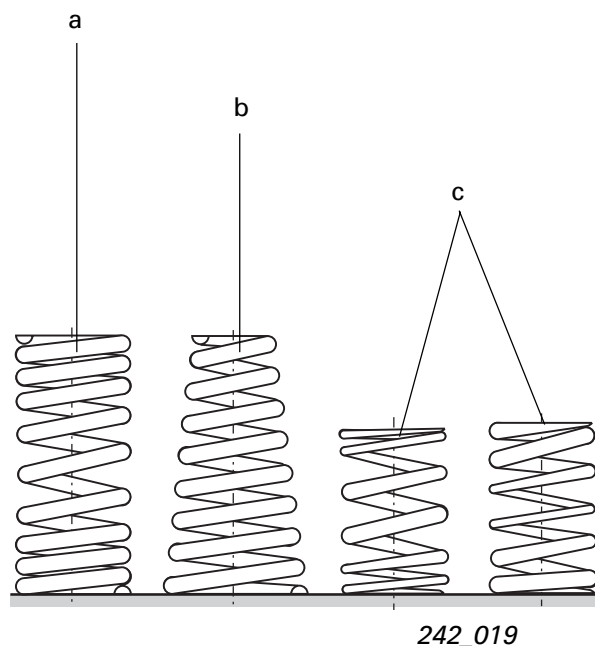
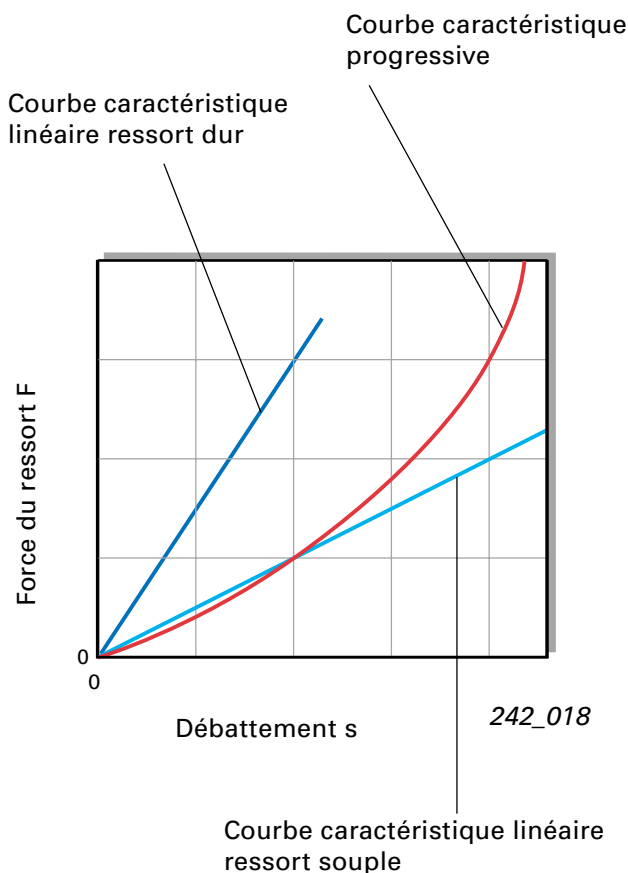
La raideur d'un ressort hélicoïdal augmente par :

- ▶ augmentation du diamètre du fil métallique
- ▶ réduction du diamètre du ressort
- ▶ réduction du nombre de spires

Si le taux d'élasticité s'accroît au fur et à mesure que le débattement augmente, on parle de courbe caractéristique progressive du ressort.

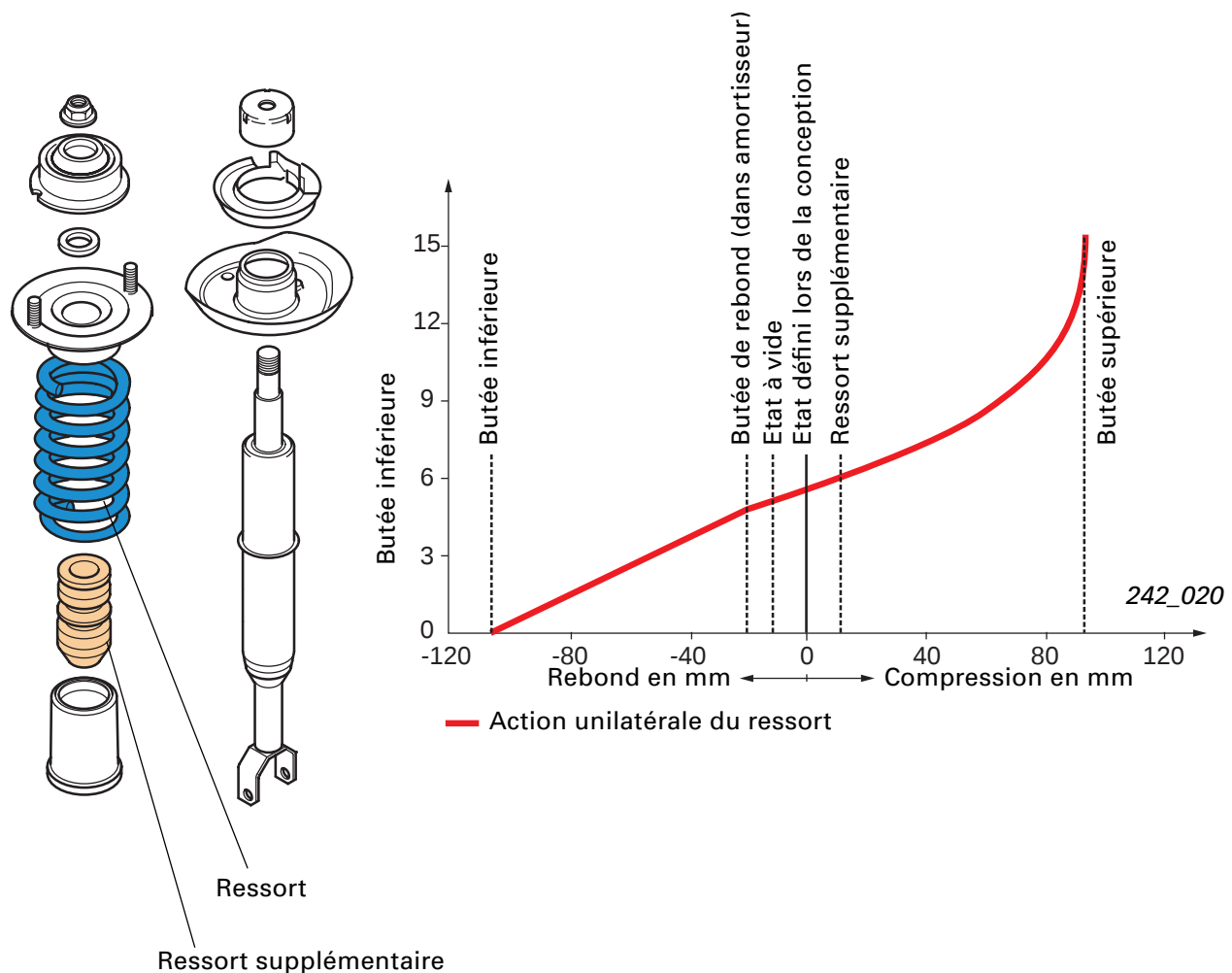
Les ressorts hélicoïdaux présentant une courbe caractéristique progressive se reconnaissent à :

- a) pente irrégulière de l'enroulement
- b) forme d'enroulement conique
- c) diamètre conique du fil
- d) combinaison de deux éléments élastiques (exemple, cf. page suivante)





(Exemple : jambe de force avec ressorts supplémentaires en polyuréthane)



Avantages de la courbe caractéristique progressive du ressort :

- ▶ Meilleure harmonisation du dispositif de suspension, de la charge normale au chargement maximal.
- ▶ En cas de chargement, la fréquence propre de carrosserie reste pratiquement constante.
- ▶ Dans le cas de chocs importants imputables à la chaussée, le pompage de la suspension n'est pas aussi rapide.
- ▶ Meilleure exploitation du débattement disponible.

Notions de base



Châssis classique (ressorts acier) sans correcteur d'assiette

Débattements

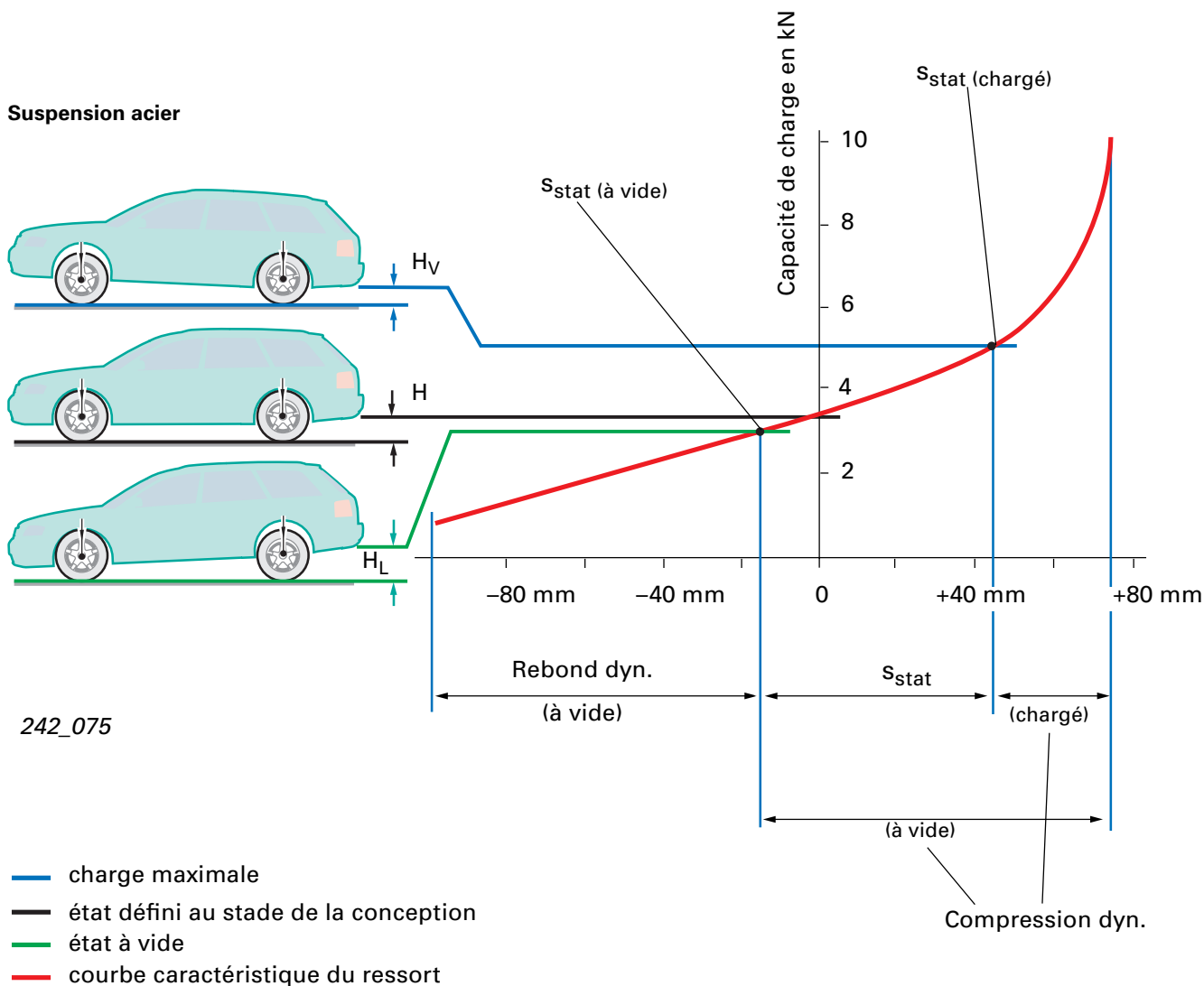
Le débattement total requis pour un châssis sans correcteur d'assiette s_{total} se compose de la compression statique s_{stat} et des débattements dynamiques s_{dyn} générés par les oscillations du véhicule, pour le véhicule à vide ou chargé.

$$s_{\text{totale}} = s_{\text{stat}} + s_{\text{dyn}}(\text{à vide}) + s_{\text{dyn}}(\text{chargé})$$

Le véhicule étant à l'arrêt, l'élasticité de la carrosserie se traduit, suivant l'état de charge, par un débattement précis. On parle de compression statique s_{stat} .

L'inconvénient du châssis classique sans correcteur d'assiette tient essentiellement à la faible course de compression pour la charge maximale du véhicule.

Suspension acier



242_075

H_V = Hauteur avec charge maximale

H = Hauteur pour état défini au stade de la conception

H_L = Hauteur à vide



La compression statique ...

... est la position initiale (zéro) des mouvements dynamiques du ressort, course de compression (positif) et rebond (négatif).

... est fonction du taux d'élasticité et du chargement (masses suspendues).

... résulte de la différence entre la compression statique à vide $s_{\text{stat(à vide)}}$ et de la compression statique à charge maximale $s_{\text{stat (chargé)}}$.

$$s_{\text{stat}} = s_{\text{stat(chargé)}} - s_{\text{stat(à vide)}}$$

Définitions :

L'état à vide ...

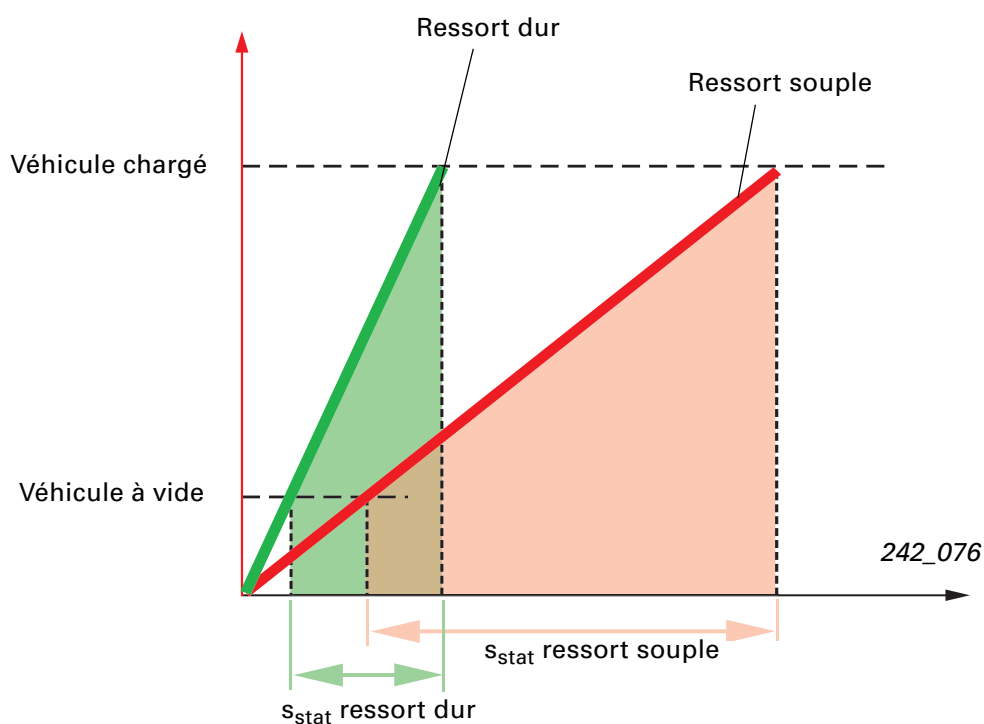
... correspond à la compression résultant du véhicule "en ordre de marche" (plein de carburant, roue de secours et outillage de bord) reposant sur ses roues.

L'état défini au stade de la conception ...

... est obtenu en ajoutant à l'état à vide une charge supplémentaire de trois personnes pesant 68 kg.

Dans le cas d'une courbe caractéristique plate (ressort souple), la différence et donc la compression statique entre vide et pleine charge est très importante.

Dans le cas d'une courbe caractéristique à forte pente, la situation est inverse, liée à l'inconvénient d'une augmentation surproportionnelle de la fréquence propre de la carrosserie.



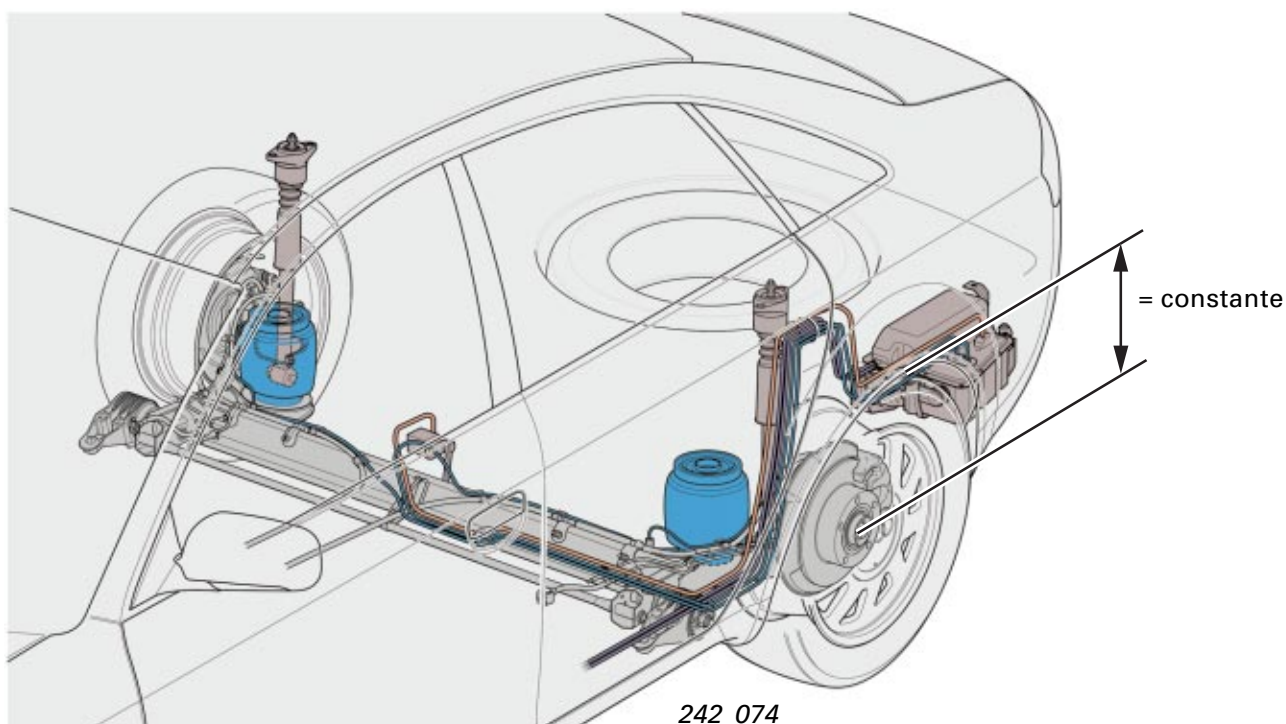
Suspension pneumatique avec correcteur d'assiette

La **suspension pneumatique** autorise une suspension réglable du véhicule.

Dans le cas de la suspension pneumatique, la réalisation d'un correcteur d'assiette est aisée et c'est la raison pour laquelle il est généralement inclus dans le système.

Les principaux avantages d'un correcteur d'assiette sont :

- ▶ La compression statique est toujours la même, indépendamment de la charge (cf. page suivante). La place à prévoir dans le passage de roue pour la mobilité des roues est donc faible, ce qui représente un atout au niveau de l'exploitation générale de l'espace.
- ▶ La suspension de la carrosserie du véhicule peut être plus souple, ce qui augmente le confort de conduite.
- ▶ Obtention de courses de compression et de rebond complètes à tous les états de charge.
- ▶ Maintien de la garde au sol totale à tous les états de charge.
- ▶ Aucune variation du pincement ou du carrossage en cas de charge.
- ▶ Aucune influence négative sur le C_x et l'optique.
- ▶ Réduction de l'usure des articulations d'essieu par diminution de l'angle de flexion.
- ▶ Le cas échéant, une charge plus importante est autorisée.



242_074

Le correcteur d'assiette sert à toujours maintenir la carrosserie du véhicule (masses suspendues) au même niveau par adaptation de la pression des ressorts pneumatiques (cette position correspondant à l'état défini au stade de la conception).

La compression statique est donc, avec le correcteur d'assiette, toujours identique et n'a plus besoin d'être prise en compte lors de la définition du jeu des roues.

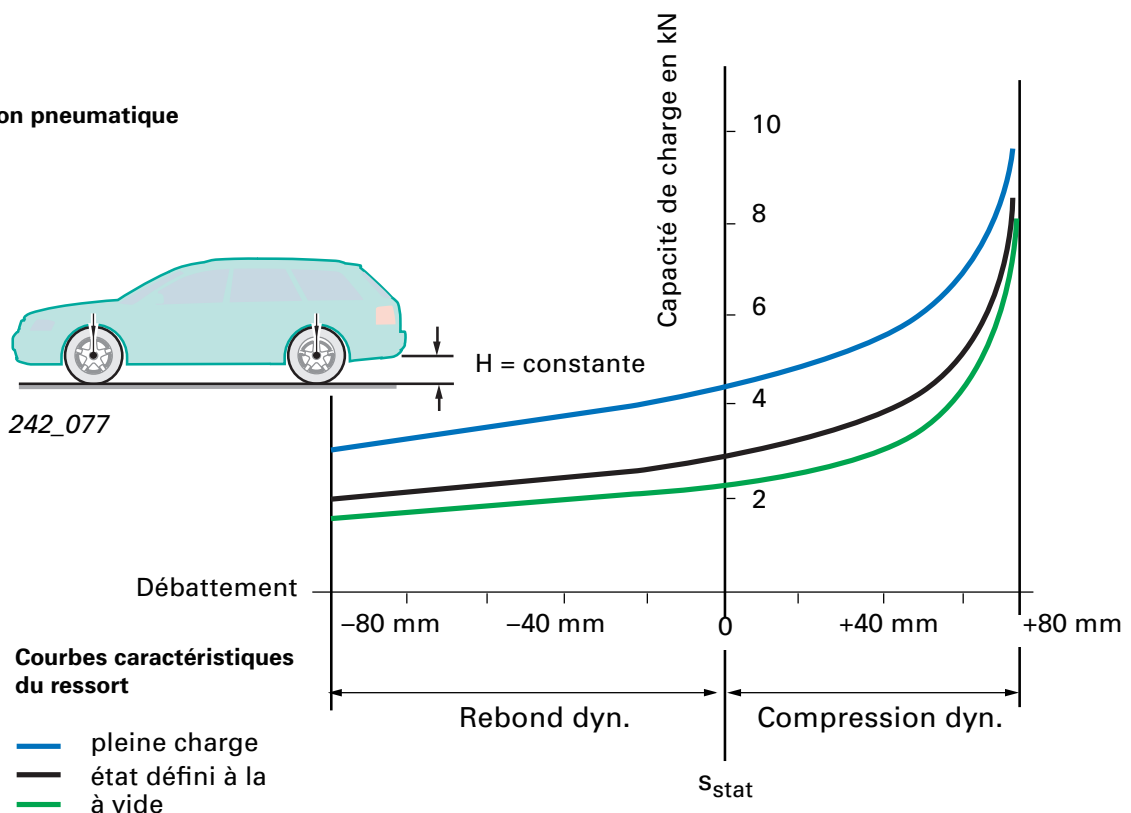
$$s_{\text{stat}} = 0$$

L'une des autres particularités de la suspension pneumatique avec correcteur d'assiette est que la fréquence propre de la carrosserie reste pratiquement constante à vide et à l'état chargé du véhicule (cf. chapitre "Paramètres des ressorts pneumatiques", page 21).

Outre les avantages liés au principe du correcteur d'assiette, sa réalisation par le biais d'une suspension pneumatique (Audi A6) constitue un véritable atout. Etant donné que la pression de l'air dans les ressorts pneumatiques est adaptée à la charge, il en résulte une variation du taux d'élasticité proportionnelle à la masse suspendue. L'effet positif en est que la fréquence propre de carrosserie, et avec lui le confort de conduite, reste pratiquement constant.



Suspension pneumatique



Notions de base - suspension



L'un des autres avantages est la courbe caractéristique progressive du ressort pneumatique, découlant de son principe.

A l'aide d'une suspension pneumatique jouant le rôle de suspension **intégralement porteuse** sur les deux trains (Audi allroad quattro), il est possible de régler différentes assiettes du véhicule, telles que :

- ▶ état de marche normal pour les parcours urbains.
- ▶ abaissement du véhicule à grande vitesse en vue d'une amélioration du comportement dynamique et de la résistance à l'air.
- ▶ rehaussement du véhicule pour les parcours en tout-terrain et sur mauvaises routes.

Pour de plus amples informations, prière de se reporter au Programme autodidactique 243 "Suspension pneumatique à quatre paliers de l'Audi allroad quattro".

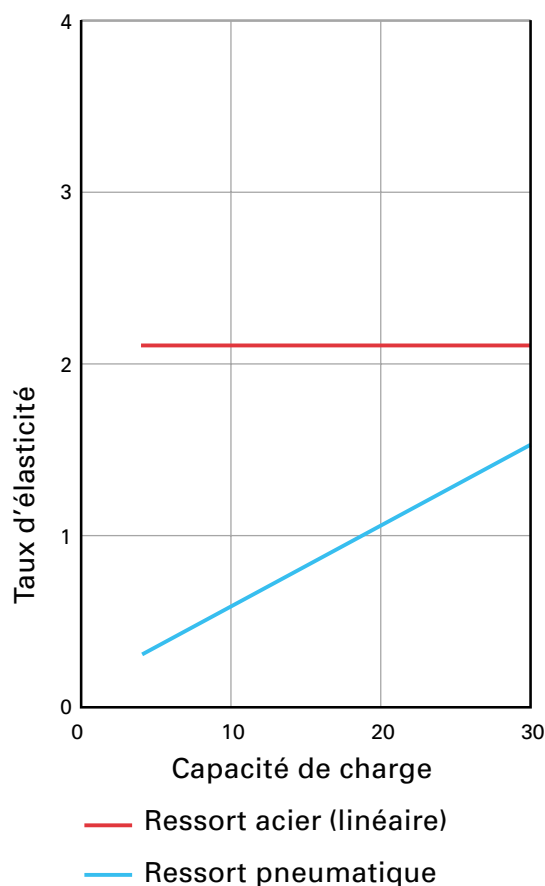


"Intégralement porteuse" signifie :

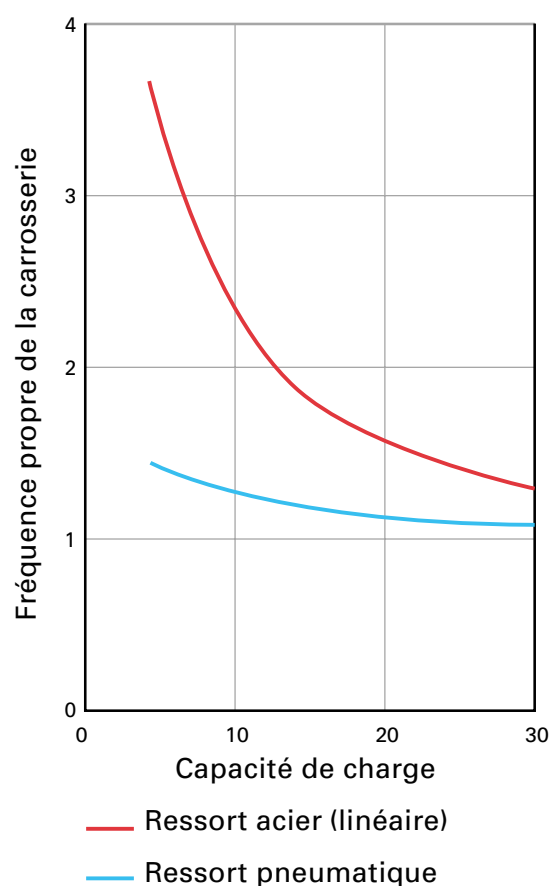
Les correcteurs d'assiette sont souvent, du fait de la combinaison de ressorts acier ou pneumatiques, combinés à une régulation hydraulique ou pneumatique. La capacité de charge de ces systèmes de suspension résulte de la somme des deux systèmes. C'est pourquoi l'on parle de "capacité de charge partielle" (Audi 100/Audi A8).

Les systèmes de suspension de l'Audi A6 équipée d'un correcteur d'assiette (sur le train AR) et de l'Audi allroad quattro (train AR et train AV) ne disposent par conséquent, comme élément élastique porteur, que de ressorts exclusivement pneumatiques, si bien que l'on peut, dans ce cas, parler de "capacité de charge intégrale".

242_030



242_031



Architecture du ressort pneumatique

Sur les voitures particulières, les éléments élastiques sont constitués par des ressorts pneumatiques dotés de soufflets pliants. Ils autorisent des débattements importants pour un faible encombrement.

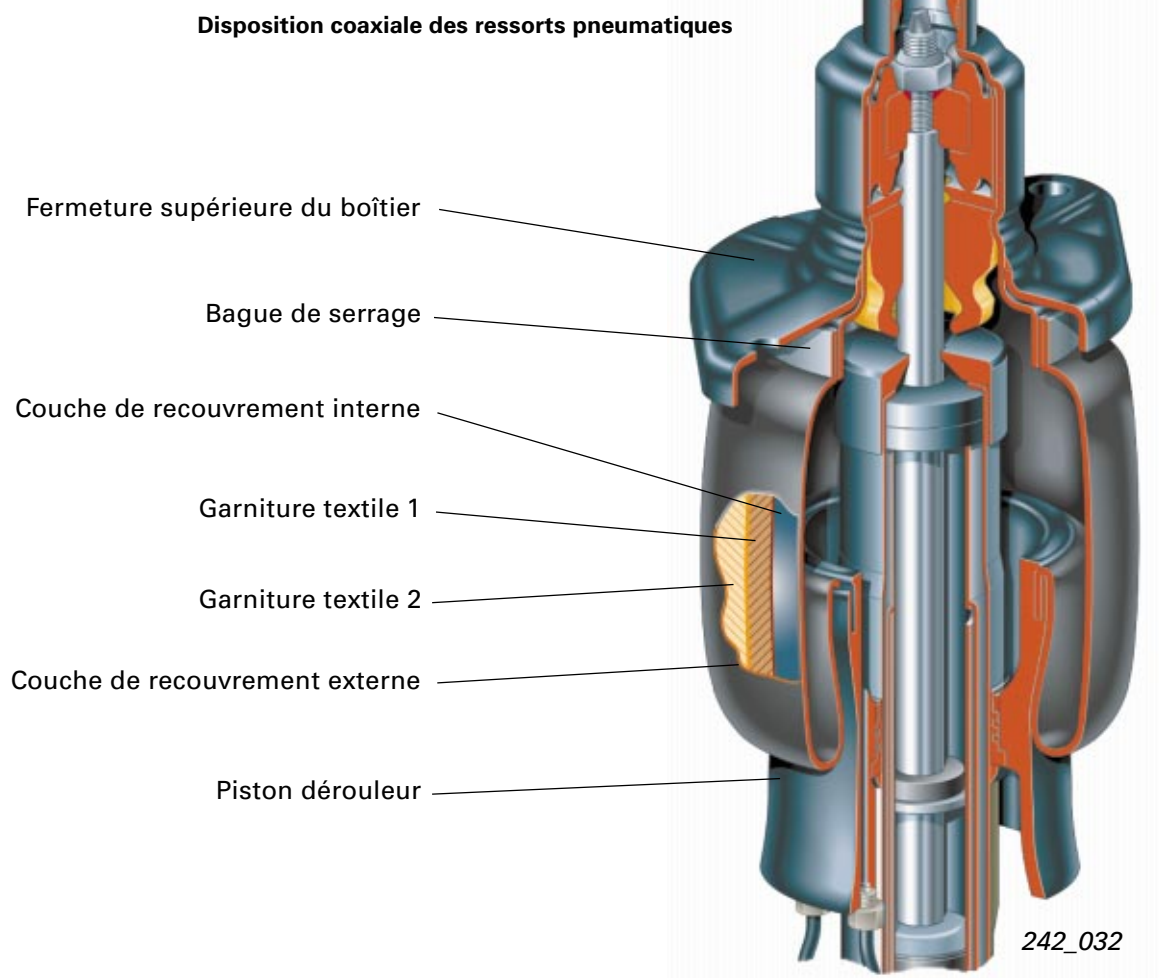
Le ressort pneumatique se compose de :

- Fermeture supérieure du boîtier
- Soufflet pliant
- Piston dérouleur (fermeture inférieure du boîtier)
- Bagues de serrage

La conception du soufflet pliant est illustrée à la figure 242_032.

Les couches de recouvrement extérieure et intérieure sont réalisées en matériau élastomère de haute qualité. Le matériau résiste à toutes les influences climatiques et, dans une large part, aux huiles. La couche de recouvrement intérieure est particulièrement étanche à l'air.

Le support de rigidité absorbe les forces générées par la pression interne des ressorts pneumatiques.



Un matériau élastomère de haute qualité et des garnitures textiles (support de rigidité) en fibres polyamides confèrent au soufflet son bon comportement de déroulement et assurent la réponse sensible du système de ressort (amorçage).

Les caractéristiques requises sont remplies dans une large plage de température s'inscrivant entre -35 °C et +90 °C.

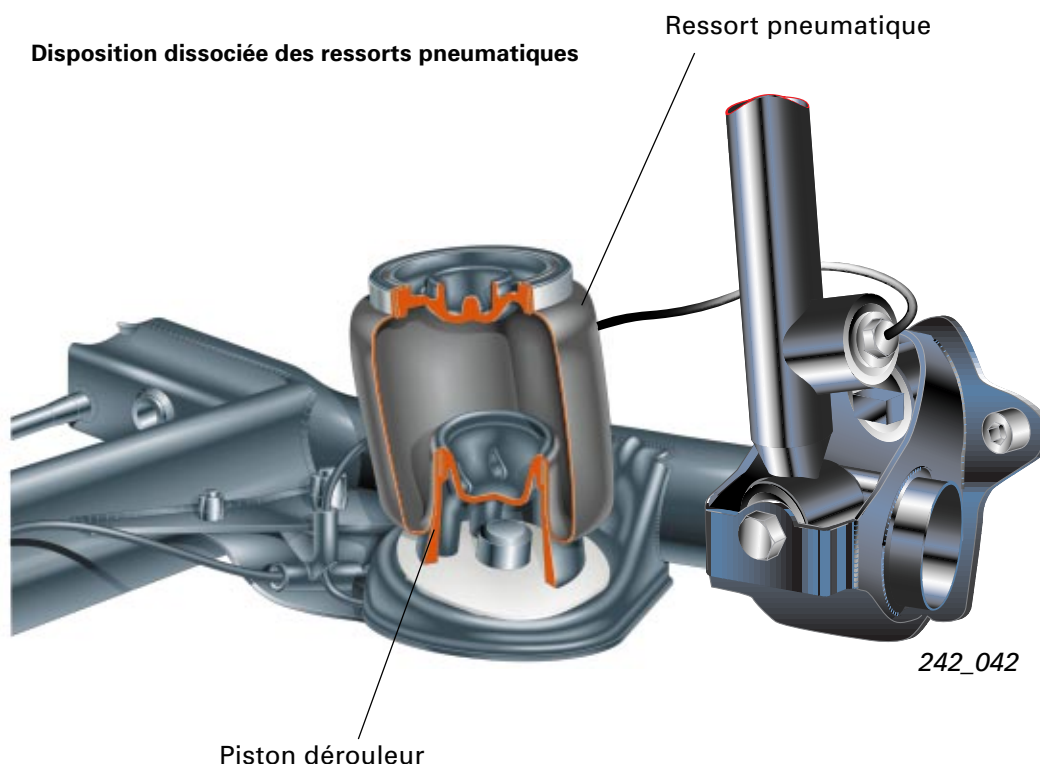
La fixation du soufflet pliant entre la fermeture supérieure du boîtier et le piston est assurée par des bagues de serrage métalliques. Les bagues de serrage sont emmanchées à la presse par le constructeur.

Le soufflet pliant se déroule sur le piston dérouleur.

En fonction de la conception de l'essieu, les ressorts pneumatiques peuvent être dissociés de l'amortisseur ou regroupés en une jambe de force (disposition coaxiale).



Les ressorts pneumatiques ne doivent pas être manoeuvrés à l'état exempt de pression étant donné que le soufflet pliant ne peut alors pas se dérouler sur le piston et risque d'être endommagé. Sur un véhicule à ressort pneumatique sans pression, il faut, avant de soulever ou d'abaisser le véhicule (sur un pont élévateur ou à l'aide d'un cric) remplir le ressort pneumatique considéré à l'aide du contrôleur de diagnostic (cf. Manuel de réparation).



Paramètres du ressort pneumatique

Capacité élastique/taux d'élasticité

La capacité élastique (capacité de charge) F d'un ressort pneumatique est déterminée par la surface effective A_w et la surpression régnant dans le ressort pneumatique p_i .

$$F = p_i \times A_w$$

La surface effective A_w est définie par le diamètre effectif d_w .

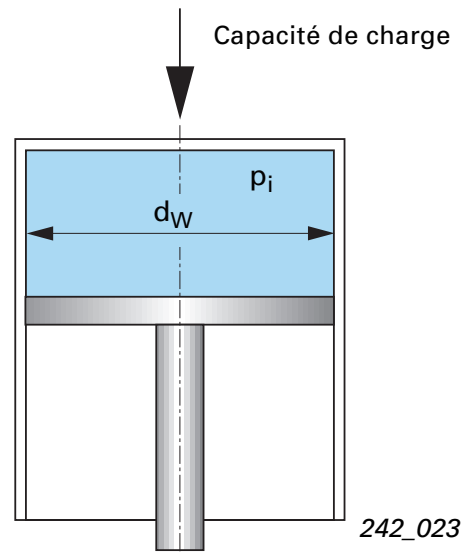
Dans le cas d'une configuration rigide, ce qui est le cas du piston et du cylindre, le diamètre effectif correspond au diamètre du piston.

Dans le cas du ressort pneumatique avec soufflet pliant, le diamètre effectif est déterminé par le point le plus bas du pli.

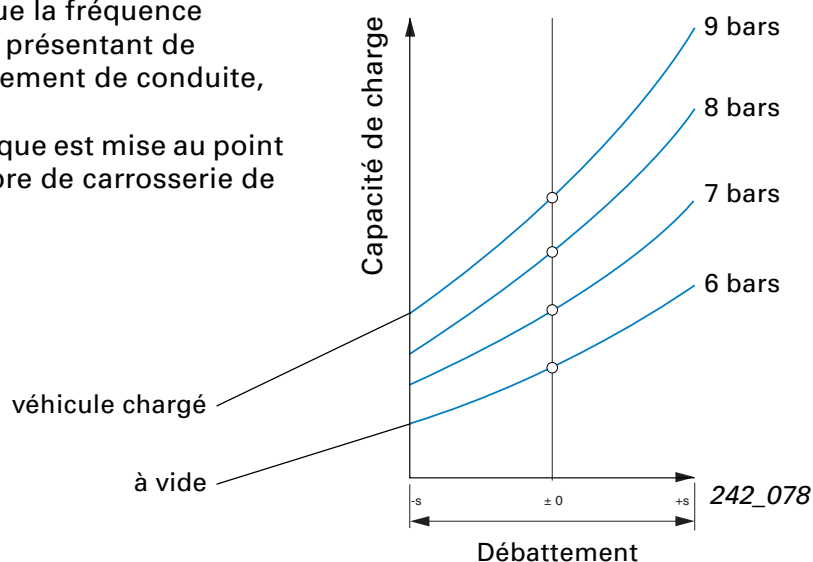
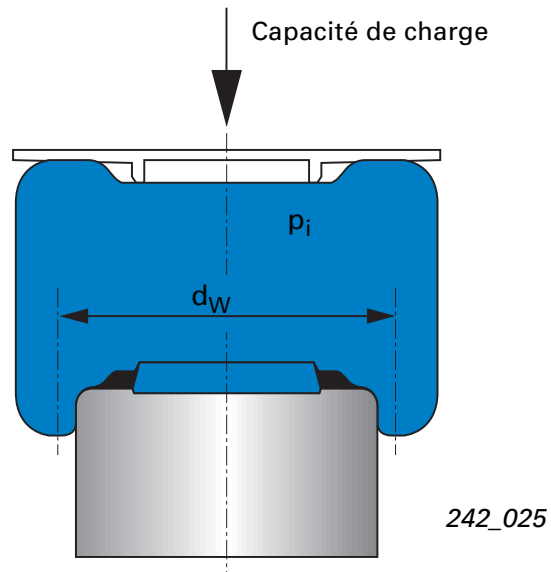
Comme le montre la formule, la capacité de charge d'un ressort pneumatique est directement proportionnelle à la pression interne et la surface effective. Statiquement (pas de mouvement de carrosserie), il est très facile de faire varier la capacité de charge (capacité élastique) en agissant sur la pression dans le ressort pneumatique.

En raison des pressions différentes liées à l'état de charge, on obtient les courbes caractéristiques et taux élastiques correspondants. Le taux élastique varie proportionnellement avec le poids de la carrosserie, ce qui fait que la fréquence propre de la carrosserie, présentant de l'intérêt pour le comportement de conduite, reste constante. La suspension pneumatique est mise au point pour une fréquence propre de carrosserie de 1,1 Hz.

Pistons et cylindres



Soufflet pliant



Courbe caractéristique du ressort

De par son principe, la courbe caractéristique d'un ressort pneumatique est progressive (avec un piston cylindrique).

La courbe de la caractéristique (pente plate/inclinée) est déterminée par le volume élastique.

On obtient un grand volume élastique pour un tracé plat de la courbe caractéristique (ressort souple) et un petit volume élastique dans le cas d'un tracé incliné de la courbe caractéristique (ressort dur).

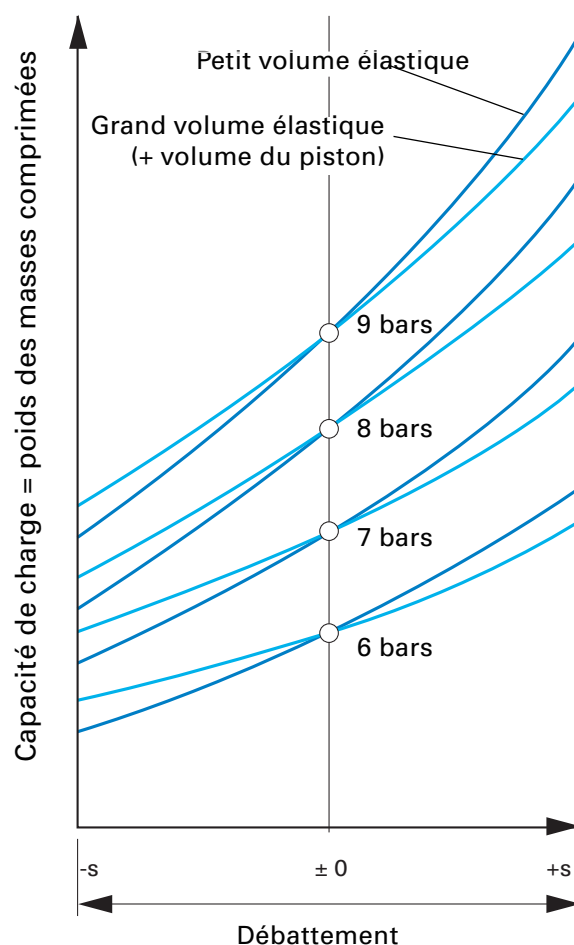
La courbe de progression de la caractéristique du ressort peut être influencée par la forme du piston dérouleur.

Une modification de la forme du piston dérouleur entraîne une modification du diamètre effectif et donc de la force de ressort.

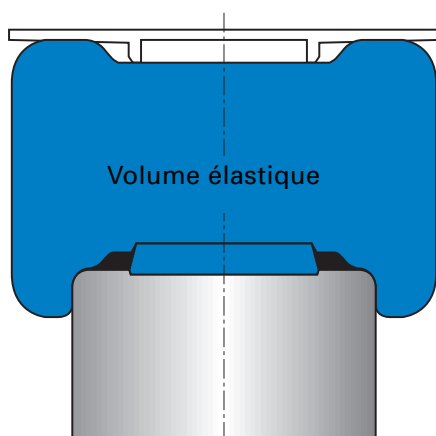
Conclusion

On dispose donc des possibilités suivantes d'harmonisation du ressort pneumatique avec soufflet pliant :

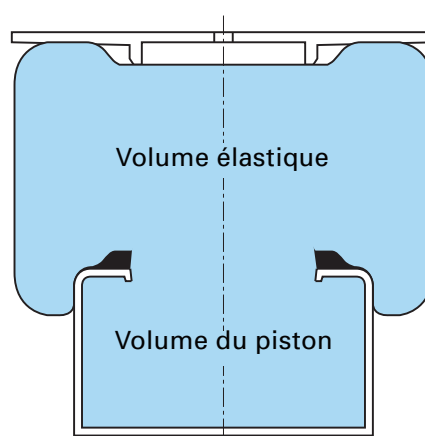
- Taille de la surface effective
- Taille du volume élastique
- Forme du piston dérouleur



242_027

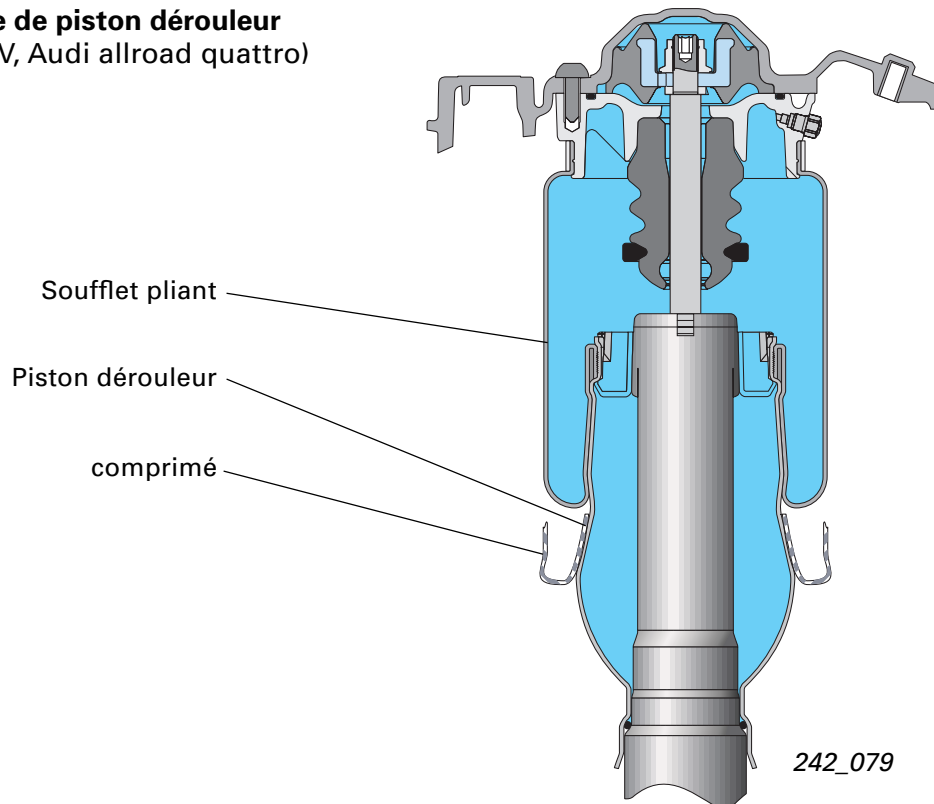


242_084



242_026

Exemple de forme de piston dérouleur
(jambe de force AV, Audi allroad quattro)



Amortissement des vibrations

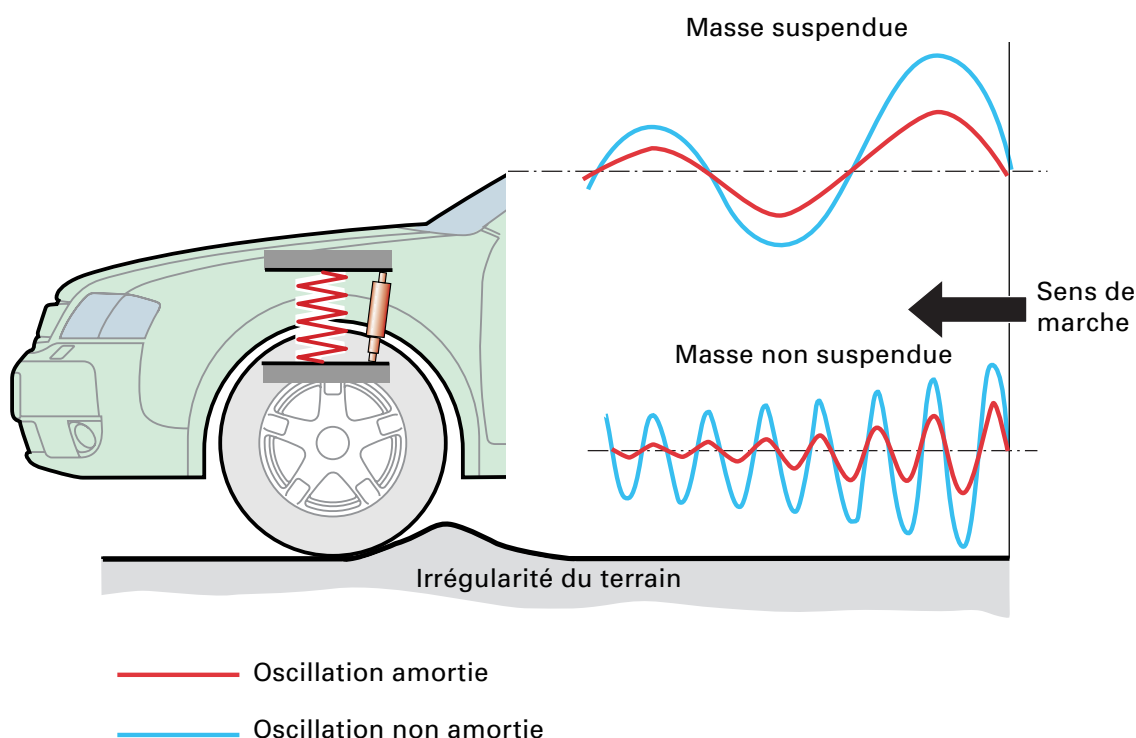
Sans amortissement des vibrations, les oscillations des masses seraient, lorsque le véhicule roule, si fortement amplifiées du fait des irrégularités successives du sol que la carrosserie oscillerait de plus en plus par résonance et que les roues perdraient le contact avec la chaussée.

La tâche de l'amortissement des vibrations est de neutraliser le plus vite possible les oscillations absorbées par la suspension (énergie).

C'est pourquoi des amortisseurs hydrauliques de vibrations sont montés en parallèle avec les ressorts.

Il existe différents types d'amortisseurs, mais leur principe reste le même.

En automobile, l'amortissement hydraulique-mécanique s'est imposé. Sous la forme notamment de l'amortisseur télescopique, qui constitue une solution idéale en raison de son faible encombrement, de sa friction réduite, de son amortissement précis et de sa simplicité de conception.



242_022

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'amortissement des vibrations exerce une influence élémentaire sur la sécurité du véhicule et le confort de conduite.

Les exigences de la sécurité de conduite (comportement dynamique) et du confort du véhicule sont cependant opposées.

Dans des limites données, le principe est le suivant :

- Un degré d'amortissement élevé améliore le comportement dynamique du véhicule et réduit le confort de conduite.
- Un degré d'amortissement faible améliore le confort de conduite et réduit le comportement dynamique.



La désignation d'amortisseur peut porter à confusion si l'on pense à l'amortissement des chocs. Il s'agit ici de l'amortissement des vibrations.

Amortisseur

Amortisseur hydraulique à gaz à deux tubes

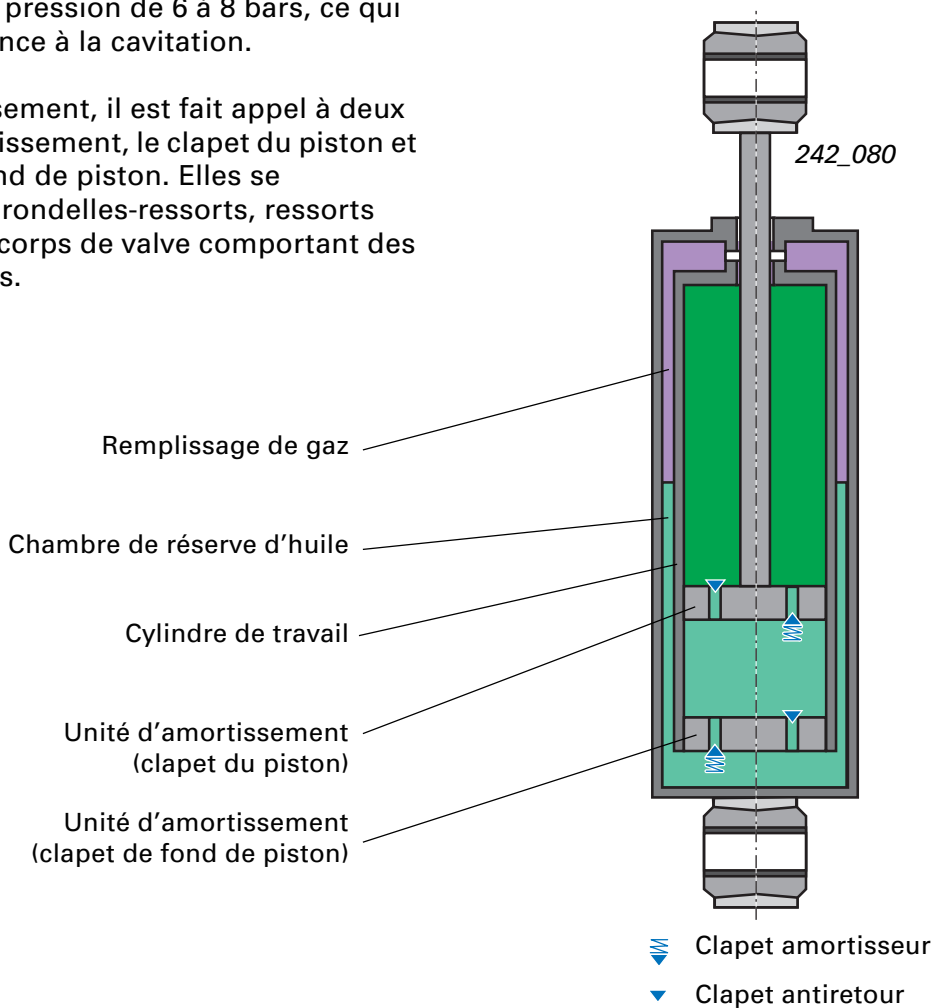
L'amortisseur hydraulique à gaz à deux tubes s'est imposé comme amortisseur standard. Dans le cas de l'amortisseur hydraulique à gaz à deux tubes, le cylindre de travail et le boîtier constituent deux chambres. La chambre, dans laquelle se déplacent le piston et la tige de piston, est entièrement remplie d'huile hydraulique. La chambre constituant la réserve d'huile circulaire entre le cylindre de travail et boîtier sert à la compensation de variations de volume dues à la tige de piston ainsi qu'à des variations de température de l'huile hydraulique.

La chambre constituant la réserve d'huile n'est remplie que partiellement d'huile et est soumise à une pression de 6 à 8 bars, ce qui réduit la tendance à la cavitation.

Pour l'amortissement, il est fait appel à deux unités d'amortissement, le clapet du piston et le clapet de fond de piston. Elles se composent de rondelles-ressorts, ressorts hélicoïdaux et corps de valve comportant des orifices calibrés.



La cavitation est la formation de cavités gazeuses provoquées par un vide dans un écoulement de liquide rapide.



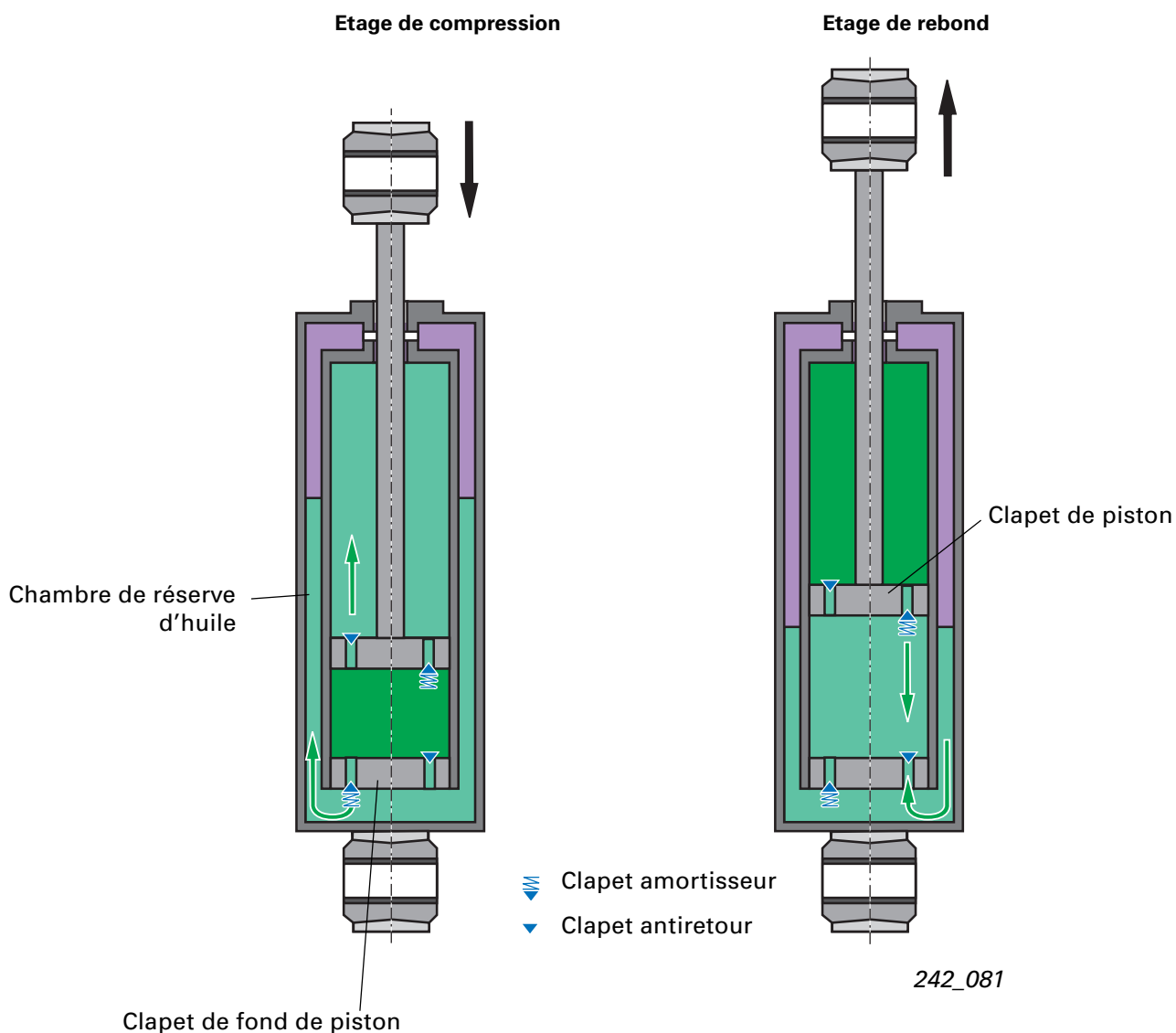
Fonctionnement

Lors de la compression (étage de compression), l'amortissement du clapet de fond de piston est également déterminé, dans une certaine mesure, par la résistance de passage du piston.

L'huile refoulée par la tige de piston est chassée dans la chambre constituant la réserve d'huile. Le clapet de fond de piston oppose à ce flux une résistance définie et freine ainsi le déplacement.

Lors du rebond (étage de rebond), le clapet du piston se charge seul de l'amortissement et oppose à l'huile refoulée vers le bas une résistance définie.

L'huile requise dans la chambre de travail peut refouler sans contrainte via le clapet antiretour du clapet de fond de piston.

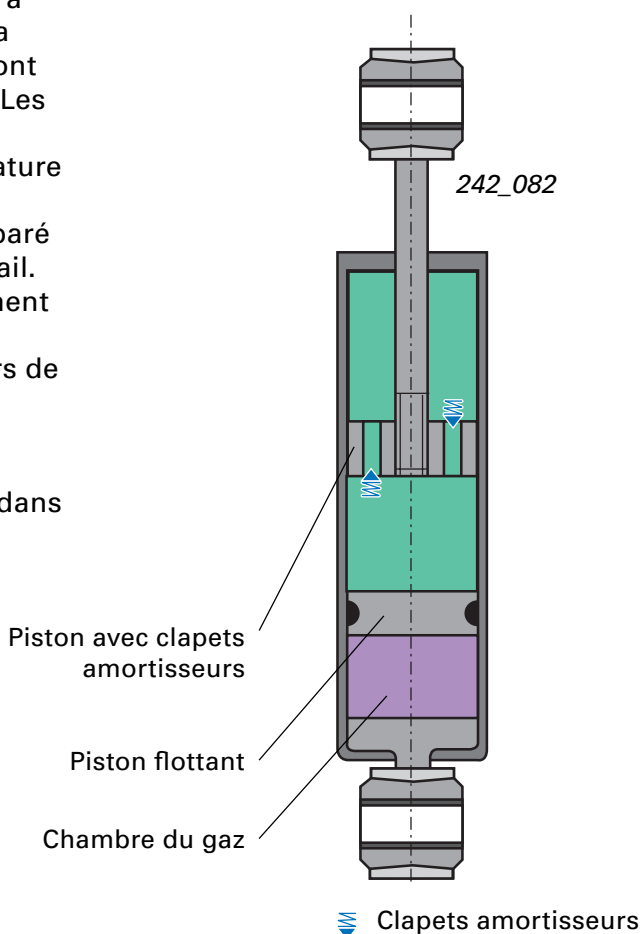




Amortisseur hydraulique à gaz monotube

Dans le cas de l'amortisseur hydraulique à gaz monotube, la chambre de travail et la chambre constituant la réserve d'huile sont logées dans un tube cylindrique unique. Les variations de volumes, dues à la tige de piston ainsi qu'aux variations de température de l'huile, sont compensées par un compartiment rempli de gaz distinct, séparé par un piston flottant du cylindre de travail. Le niveau de pression dans le compartiment rempli de gaz est de 25 à 30 bars et doit supporter les forces d'amortissement lors de la compression du ressort.

Les clapets amortisseurs des étages de compression et de rebond sont intégrés dans le piston.



Comparatif entre les amortisseurs hydrauliques à gaz monotube/à 2 tubes :

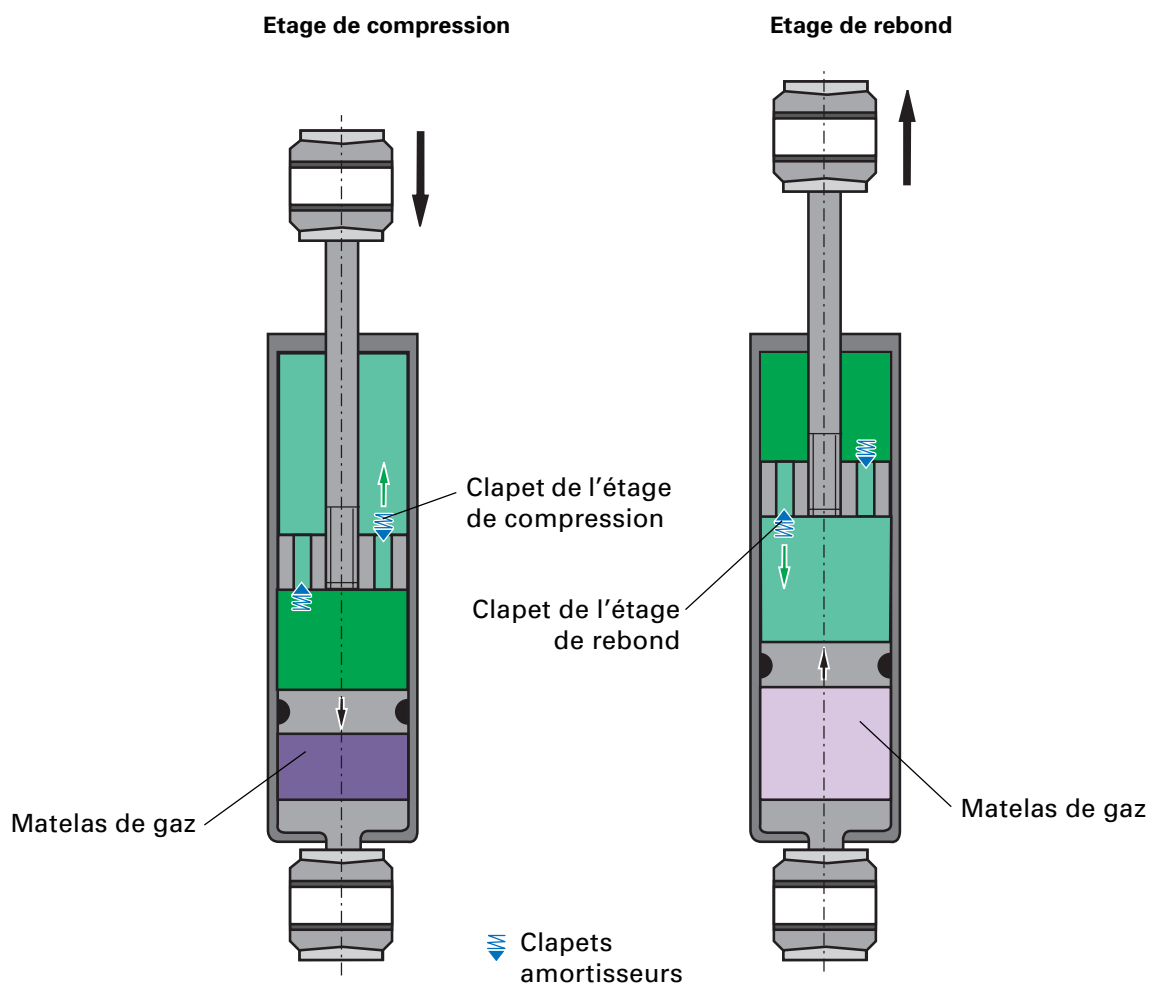
	Amortisseur hydraulique à gaz à deux tubes	Amortisseur hydraulique à gaz monotube
Fonctionnement du clapet	La pression du gaz dans la chambre constituant la réserve d'huile réduit la tendance à la cavitation	Très faible tendance à la cavitation en raison de la pression du gaz élevée et de la séparation huile/gaz
Courbes caractéristiques	Toutes possibles, par des clapets distincts pour l'étage de rebond et de compression	En fonction de la pression du gaz pour l'étage de compression
Amortissement pour une faible course	Bon	Meilleur
Friction	Faible	Plus élevée, en raison du joint sollicité par la pression
Forme	Diamètre plus important	Plus longue à cause de la chambre de gaz dans le cylindre
Position de montage	A peu près verticale	Indifférente
Poids	Plus lourd	Plus léger

Notions de base - suspension pneumatique

Fonctionnement

Lors de la compression (étage de compression) l'huile du compartiment inférieur est comprimée par le clapet de l'étage de compression intégré dans le piston, qui oppose à l'huile une résistance définie. Le matelas de gaz se comprime donc d'une valeur équivalente au volume de la tige de piston plongeant.

Lors du rebond (étage de rebond), l'huile du compartiment supérieur est comprimée par le clapet de l'étage de rebond intégré dans le piston, qui oppose à l'huile une résistance définie. Le matelas de gaz se détend d'une valeur équivalente au volume de la tige de piston sorti.



Mise au point de l'amortissement

Dans le cas de l'amortissement, il faut toujours faire une distinction entre l'étage de compression (compression du ressort) et l'étage de rebond (rebond du ressort).

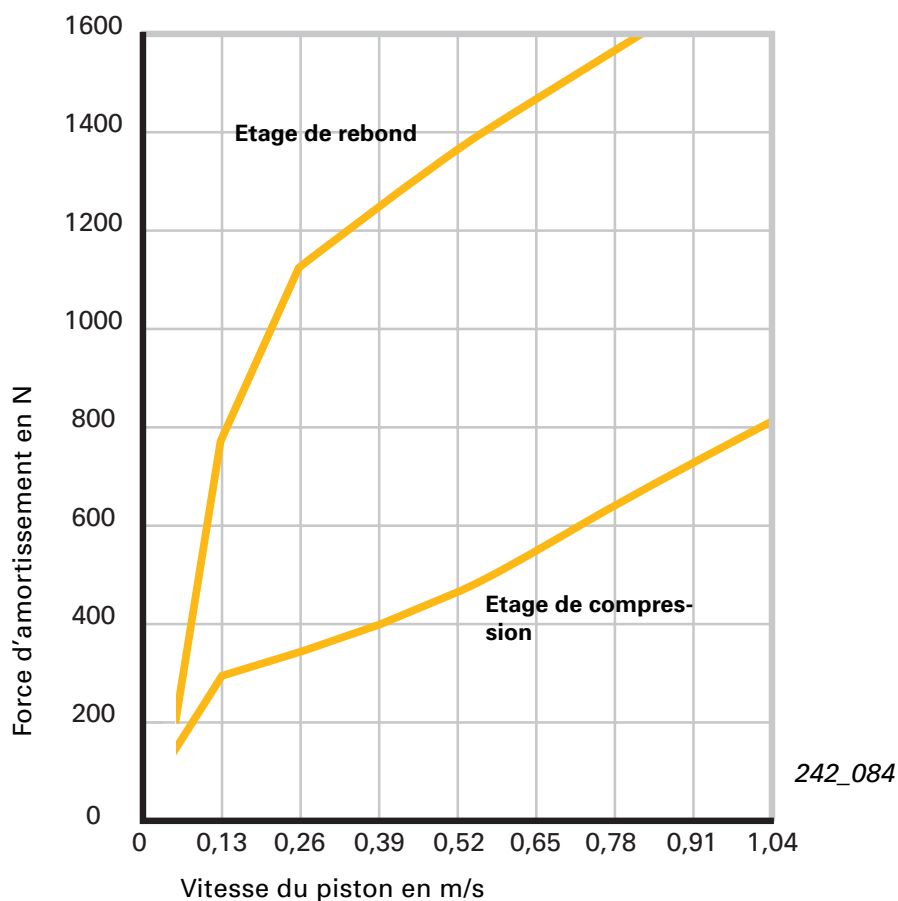
La force d'amortissement de l'étage de compression est généralement plus faible que pour l'étage de rebond. Les chocs générés par l'état de la chaussée ne sont alors pas répercutés avec autant de force à la carrosserie du véhicule. Le ressort absorbe l'énergie qui est éliminée lors du rebond par l'étage de rebond à l'action plus importante.

Avantage de cette mise au point :

Une bonne réponse de la suspension du véhicule se traduit par un excellent confort de conduite.



Cette mise au point présente toutefois quelques inconvénients en cas de succession rapide d'irrégularités de la chaussée. Si le temps entre les chocs ne suffit plus au rebond, la suspension se "durcit" fortement dans un cas extrême, ce qui exerce à son tour une influence négative sur le confort et la sécurité de conduite.



Notions de base - suspension pneumatique

Le taux d'amortissement ...

... est le facteur régissant la vitesse d'élimination des oscillations.

... de la carrosserie du véhicule est fonction de la capacité d'amortissement de l'amortisseur et des masses suspendues.

Dans le cas d'une capacité d'amortissement invariable, on a :

Une augmentation des masses suspendues réduit le taux d'amortissement. Cela revient à dire que les oscillations sont éliminées plus lentement.

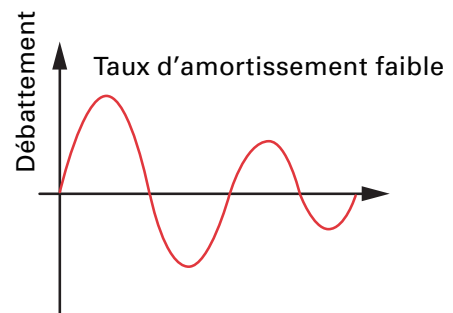
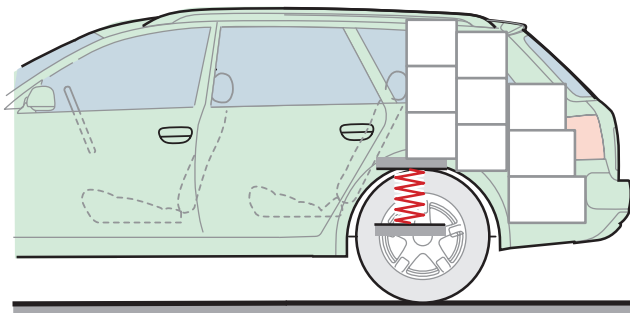
Une réduction des masses suspendues augmente le taux d'amortissement. Cela se traduit par une élimination plus rapide des oscillations.



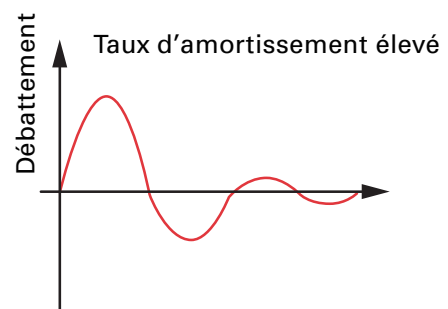
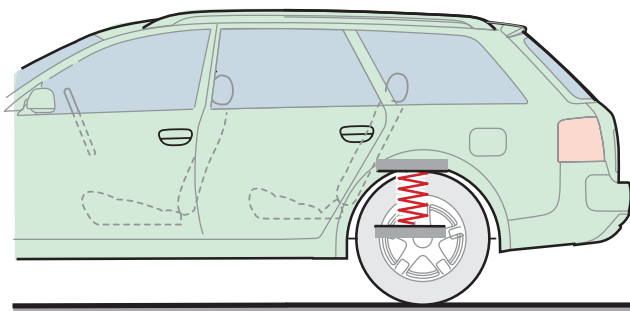
Le **taux d'amortissement** indique combien d'énergie cinétique est prélevée par l'amortissement à un système oscillant entre deux périodes oscillatoires,

On parle également de **rapport d'amortissement**.

Masse suspendue augmentée



Masse suspendue réduite



242_068

Force d'amortissement

La force d'amortissement est fonction du volume d'huile à déplacer (surface du piston d'amortisseur), de la résistance au passage des clapets amortisseurs, de la vitesse du piston d'amortisseur ainsi que de la viscosité de l'huile de l'amortisseur.

La force d'amortissement est déterminée à l'aide d'une machine vérificatrice. A régime constant, cette machine génère diverses courses dans le sens de rebond et de compression, ce qui se traduit par des vitesses de compression et de rebond différentes de l'amortisseur.

Les diagrammes force-course ainsi réalisés peuvent être convertis en diagrammes force-vitesse (diagrammes F-v).

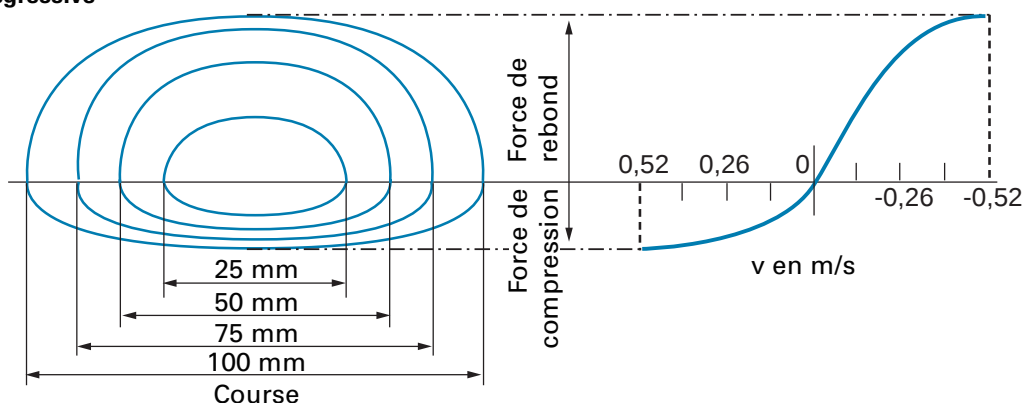
Ces courbes caractéristiques font apparaître le rapport direct entre la force d'amortissement et la vitesse du piston et fournissent ainsi la caractéristique de l'amortisseur.

On fait une distinction entre les courbes caractéristiques linéaires, progressives et dégressives.

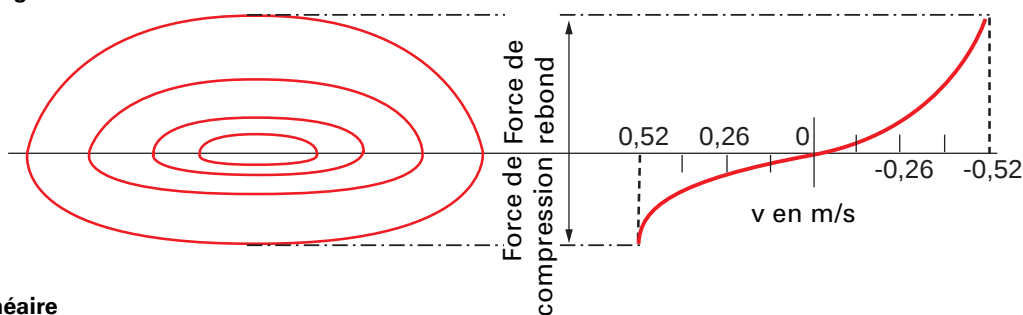


Diagramme F-v des courbes caractéristiques (régime constant pour toutes les courses)

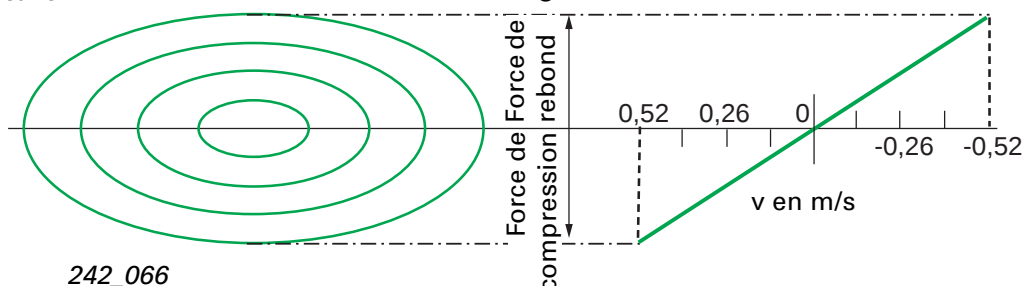
Courbe dégressive



Courbe progressive



Courbe linéaire





Des mesures prises au niveau de la conception permettent d'adapter les courbes caractéristiques aux besoins de la mise au point de la suspension.

En règle générale, il est fait appel à des amortisseurs présentant une courbe caractéristique dégressive.

Les amortisseurs normaux ont des courbes caractéristiques prédéfinies. Ils sont prévus pour un poids de carrosserie normal et couvrent, dans le cas d'un châssis correctement mis au point, un large spectre de situations routières.

L'harmonisation du châssis constitue toujours un compromis entre sécurité du véhicule (comportement dynamique) et confort de conduite.

Au fur et à mesure que le chargement augmente, le taux d'amortissement diminue (effet d'amortissement des masses suspendues), ce qui exerce une influence négative sur le comportement dynamique. Au contraire, le taux d'amortissement est plus important lorsque le véhicule est vide, ce qui a des incidences négatives sur le confort.



Nota :

Vous trouverez une particularité relative à la mise au point des amortisseurs dans le Programme autodidactique 213, page 28 "Amortisseurs à caractéristique d'amortissement dépendant de la charge et de la course".

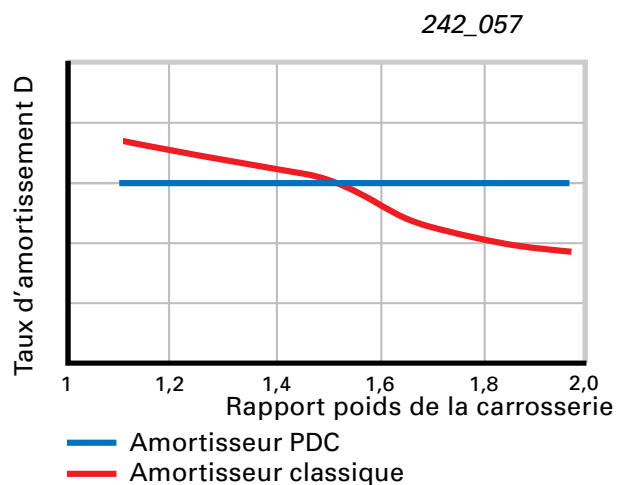
Amortisseur PDC

Afin de maintenir le taux d'amortissement constant, et d'éviter les différences de comportement du véhicule partiellement ou entièrement chargé, des amortisseurs à caractéristique continue asservie à la charge équipent le train AR dans le cas de la suspension pneumatique de l'Audi A6 avec correcteur d'assiette ainsi que de la suspension pneumatique à 4 paliers de l'Audi allroad quattro.

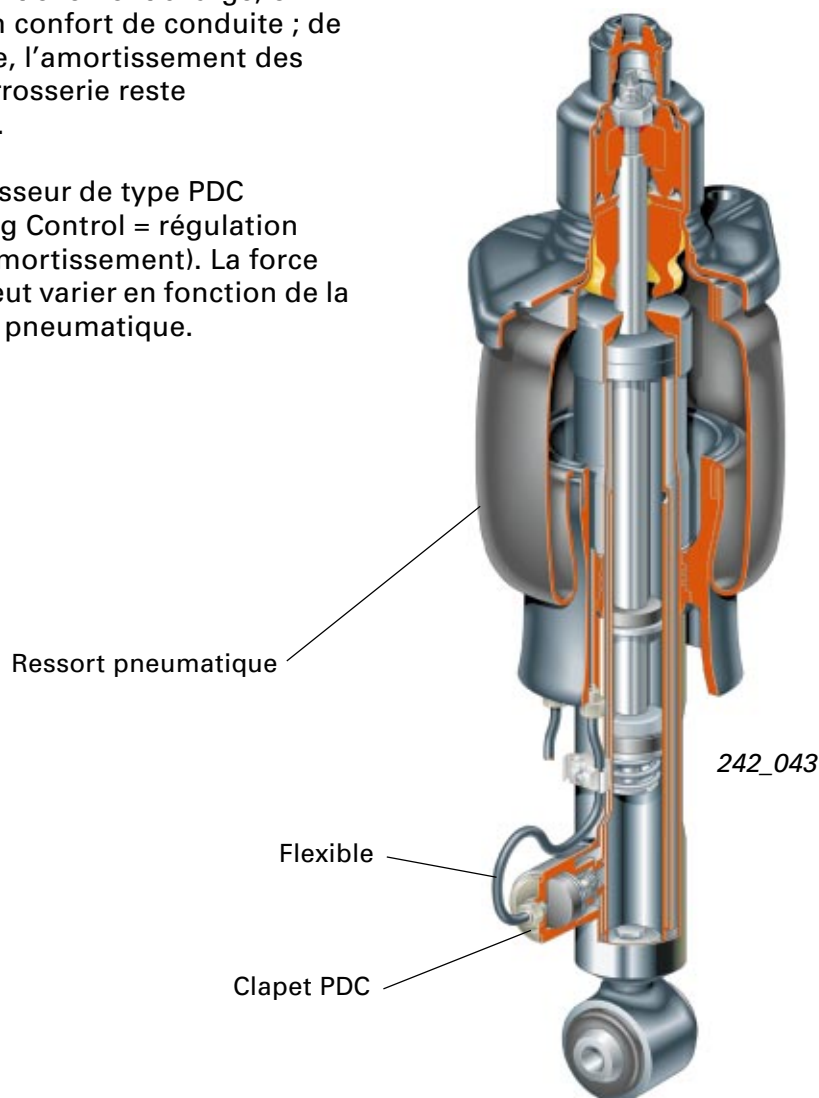
En combinaison avec la fréquence propre de la carrosserie constante, due aux ressorts pneumatiques, on obtient un comportement vibratoire pratiquement invariable quelle que soit la charge de la carrosserie du véhicule.

Le véhicule étant partiellement chargé, on obtient ainsi un bon confort de conduite ; de plus, à charge totale, l'amortissement des mouvements de carrosserie reste suffisamment raide.

Il s'agit d'un amortisseur de type PDC (Pneumatic Damping Control = régulation pneumatique de l'amortissement). La force d'amortissement peut varier en fonction de la pression du ressort pneumatique.



Disposition coaxiale du ressort pneumatique/ amortisseur PDC

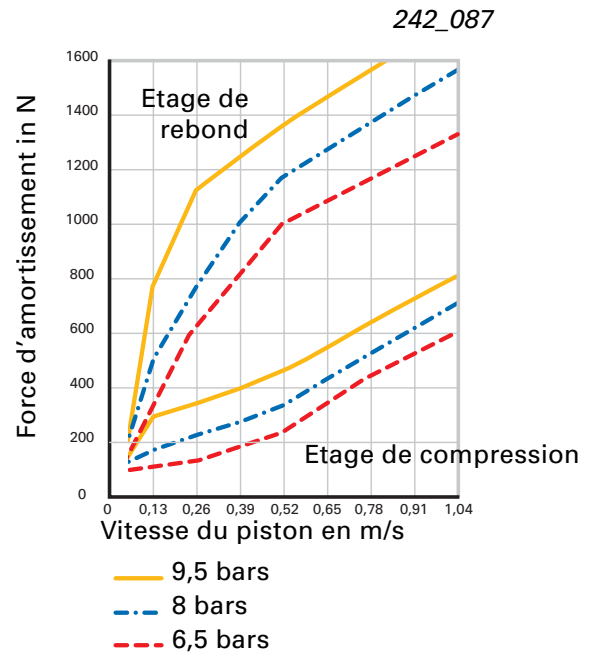


Notions de base - suspension pneumatique

La variation de force d'amortissement est réalisée par un clapet PDC distinct, intégré dans l'amortisseur. Il est relié par un flexible au ressort pneumatique.

En prenant la pression du ressort comme facteur de commande proportionnel à l'état de chargement, il y a pilotage d'un étranglement variable dans le clapet PDC, influant sur la résistance de passage et donc sur la force d'amortissement des étages de rebond et de compression.

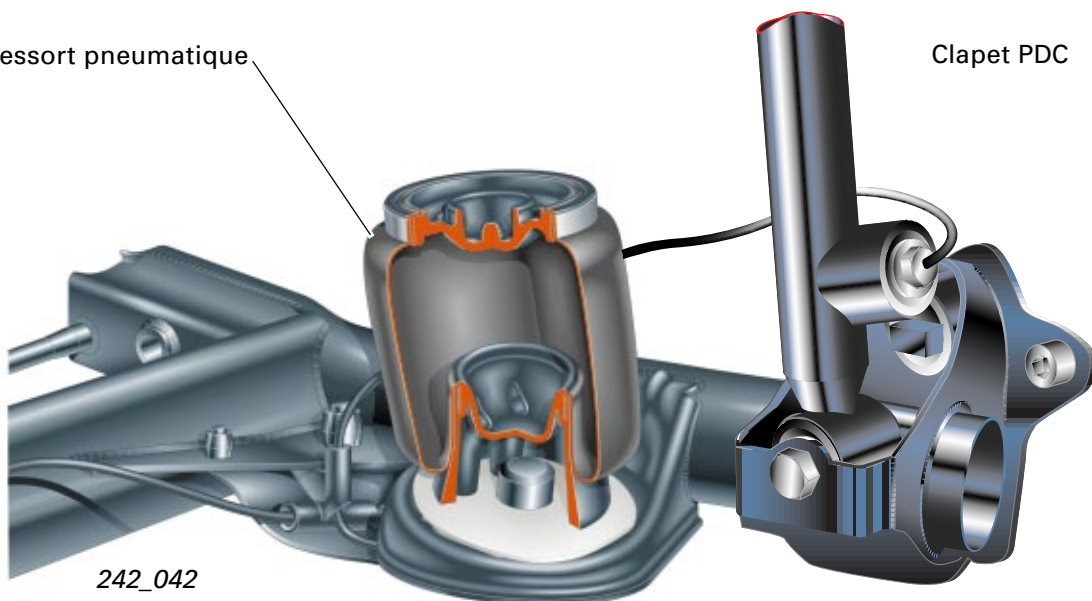
Afin d'aller à l'encontre de l'influence indésirable des variations de pression dynamiques dans le ressort pneumatique (compression et rebond), le raccord d'air du clapet PDC est doté d'un étranglement.



Ressort pneumatique/amortisseur PDC dissociés

Ressort pneumatique

Clapet PDC



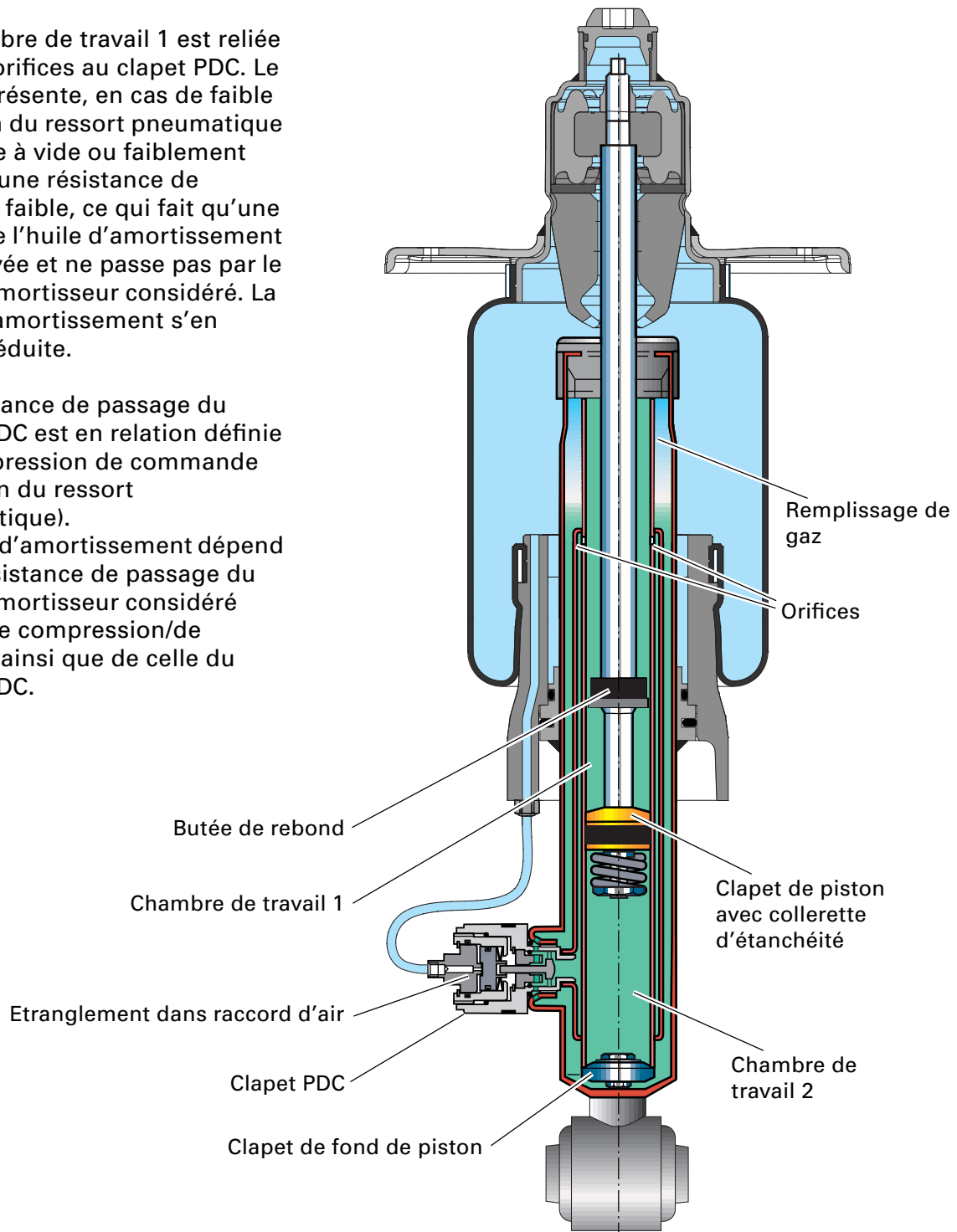
Conception et fonctionnement

Le clapet PDC influe sur la résistance de passage de la chambre de travail côté piston (chambre de travail 1).

La chambre de travail 1 est reliée via des orifices au clapet PDC. Le clapet présente, en cas de faible pression du ressort pneumatique (véhicule à vide ou faiblement chargé) une résistance de passage faible, ce qui fait qu'une partie de l'huile d'amortissement est dérivée et ne passe pas par le clapet amortisseur considéré. La force d'amortissement s'en trouve réduite.

La résistance de passage du clapet PDC est en relation définie avec la pression de commande (pression du ressort pneumatique).

La force d'amortissement dépend de la résistance de passage du clapet amortisseur considéré (étage de compression/de rebond) ainsi que de celle du clapet PDC.



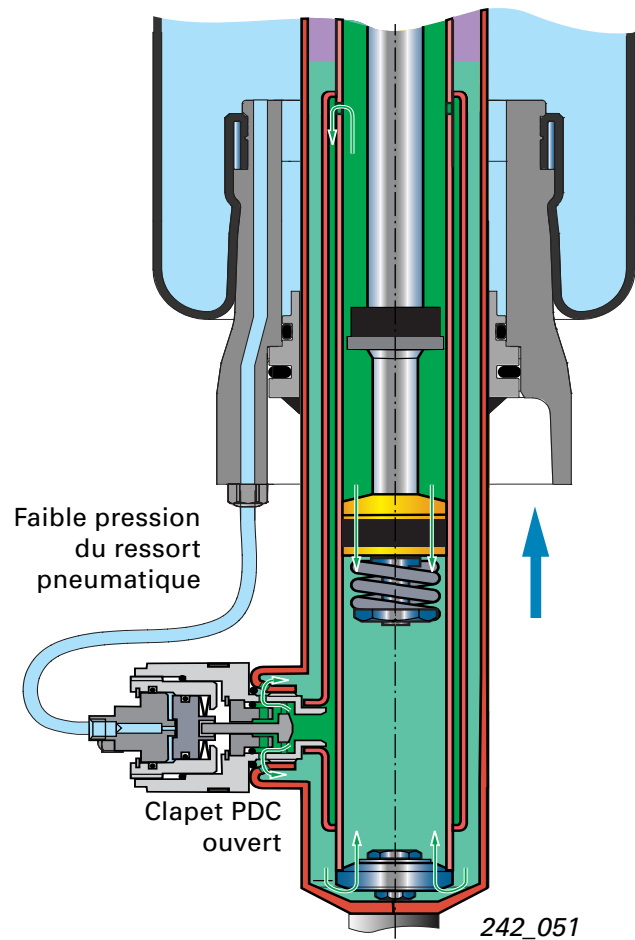
242_033



Notions de base - suspension pneumatique

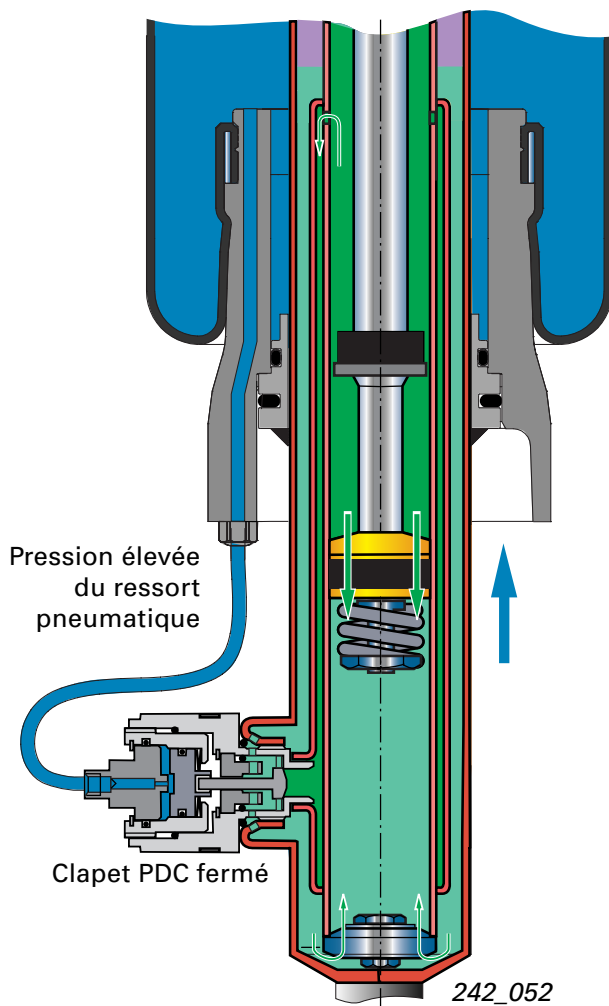
Fonctionnement en étage de rebond avec faible pression du ressort pneumatique

Le piston est tiré vers le haut, une partie de l'huile est refoulée par le clapet du piston, l'autre partie traverse les orifices de la chambre de travail 1 en direction du clapet PDC. Etant donné que la pression de commande (pression du ressort pneumatique) et donc la résistance de passage du clapet PDC est faible, la force d'amortissement est réduite.



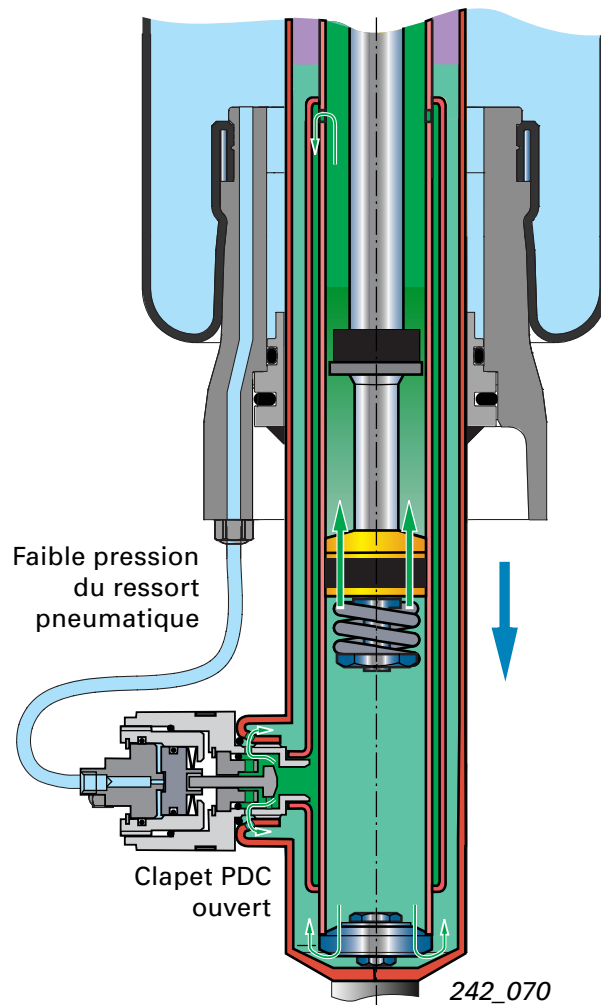
Fonctionnement en étage de rebond avec pression élevée du ressort pneumatique

La pression de commande et donc la résistance de passage du clapet PDC sont élevées. La majeure partie (suivant pression de commande) doit traverser le clapet du piston, la force d'amortissement s'en trouve augmentée.



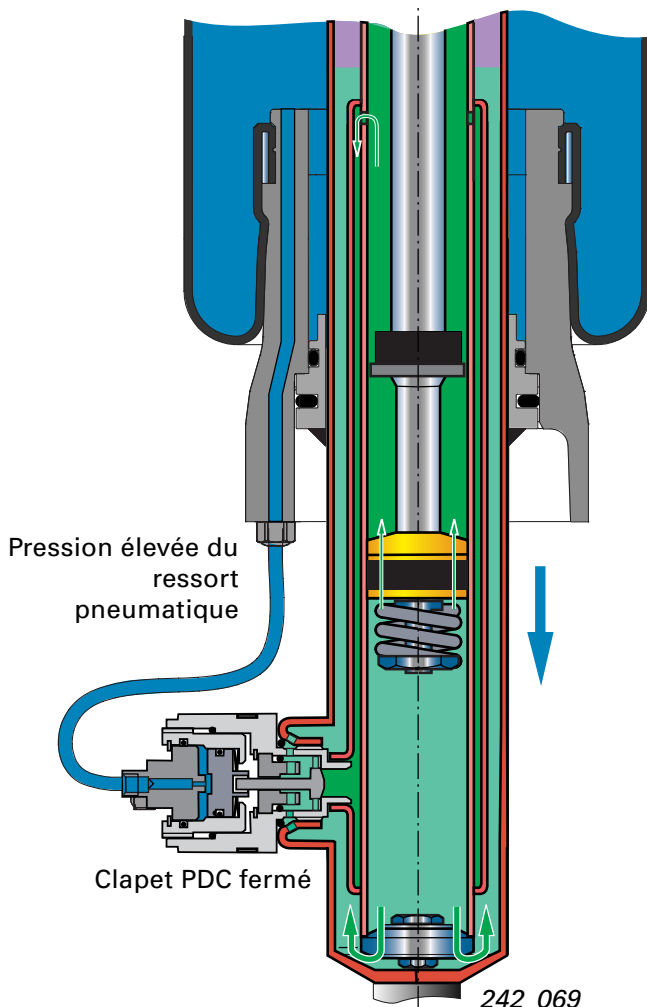
Fonctionnement en étage de compression avec faible pression du ressort pneumatique

Le piston est repoussé vers le bas, l'amortissement est déterminé par le clapet de fond de piston ainsi que, dans une certaine part, par la résistance de passage du piston. L'huile refoulée par la tige de piston est refoulée en partie via le clapet de fond de piston dans le compartiment réservoir. L'autre partie est refoulée par les orifices de la chambre de travail 1 en direction du clapet PDC. Etant donné que la pression de commande (pression du ressort pneumatique) et donc la résistance de passage du clapet PDC est faible, la force d'amortissement est réduite.



Fonctionnement en étage de compression pour une pression élevée du ressort pneumatique

La pression de commande et donc la résistance de passage du clapet PDC est élevée. La majeure partie (suivant pression de commande) doit traverser le clapet de fond de piston, la force d'amortisseur s'en trouve augmentée.



Correcteur d'assiette - A6

Le chapitre suivant traite du dispositif de suspension pneumatique de l'Audi A6 98 équipée d'un correcteur d'assiette. Nous avons déjà donné des informations préliminaires sur la suspension pneumatique/correcteur d'assiette au chapitre "Notions de base". Étant donné que ces informations et connaissances constituent la base du présent chapitre, il est judicieux de se familiariser au préalable avec les notions de base.

Synoptique du système

Un correcteur d'assiette, sur la base d'une suspension pneumatique, est proposé en option pour l'Audi A6. Le dispositif de suspension pneumatique est exclusivement conçu pour le train arrière, étant donné qu'il ne se produit, au niveau du train avant, que de faibles variations de charge et donc d'assiette dues au chargement.

Le dispositif de suspension pneumatique de l'Audi A6 est essentiellement composé de :

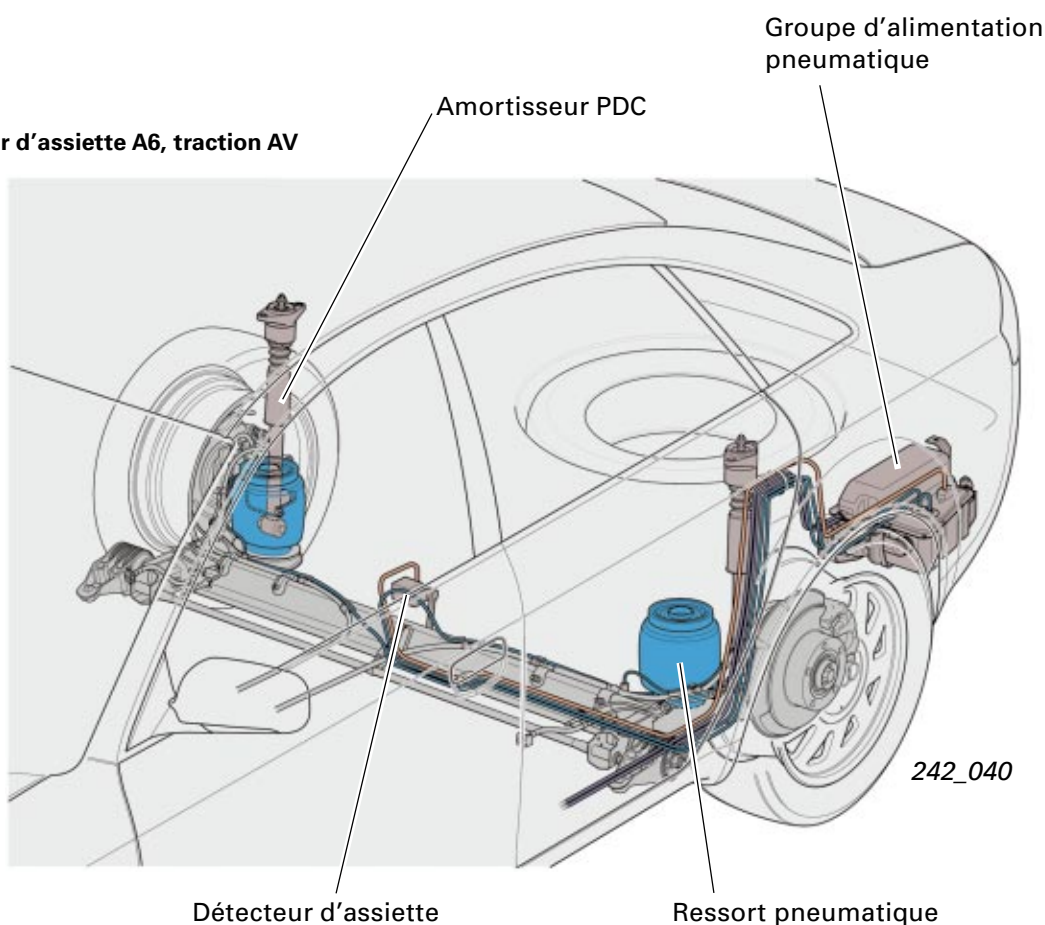
Des ressorts pneumatiques avec soufflet pliant, qui jouent le rôle d'éléments élastiques.

Les amortisseurs sont du type PDC (cf. page 33).

Dans le groupe d'alimentation pneumatique, on trouve, regroupés dans un boîtier métallique, le compresseur avec sécheur d'air intégré, les clapets de régulation et l'appareil de commande.

Un détecteur d'assiette enregistre l'assiette momentanée du véhicule.

Correcteur d'assiette A6, traction AV

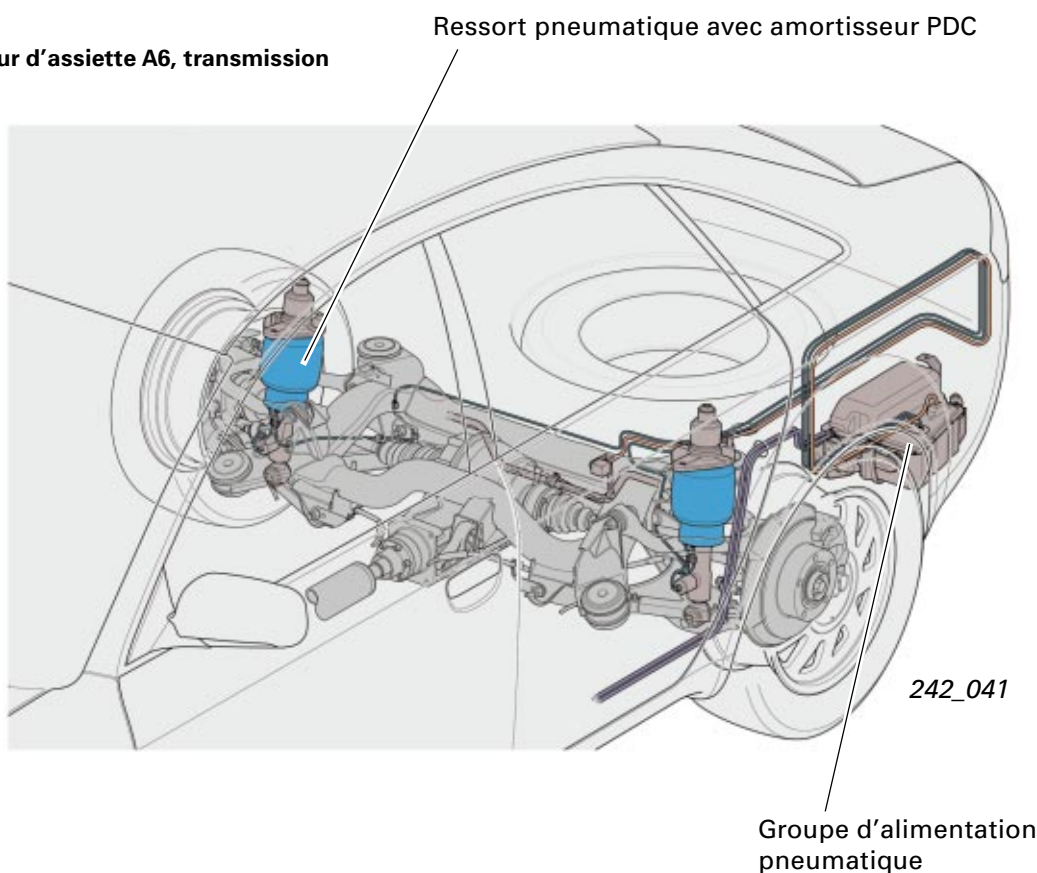


Outre les avantages liés au principe d'un correcteur d'assiette (cf. notions de base) le système réalisé sur l'A6 présente les atouts suivants :

- ▶ Comportement de suspension et oscillatoire pratiquement indépendant du chargement
- ▶ Respect de l'environnement du fait de l'utilisation d'air comme fluide
- ▶ Faible encombrement du fait de sa conception compacte, dans la zone de l'essieu notamment
- ▶ Sécurité de fonctionnement élevée grâce à sa bonne stabilité.
- ▶ Disponibilité du correcteur d'assiette même à moteur arrêté
- ▶ Régulation électronique avec autodiagnostic exhaustif
- ▶ Temps de régulation rapides, pour le passage à l'assiette supérieure comme à l'assiette inférieure
- ▶ Aucune maintenance
- ▶ Faible consommation de puissance



Correcteur d'assiette A6, transmission quattro



Correcteur d'assiette - A6

Ressorts pneumatiques

Le montage des ressorts pneumatiques est, sur la traction avant et la transmission quattro, similaire à l'exécution avec ressorts acier. Il a donc été possible de reprendre dans les grandes lignes les conceptions des essieux des châssis standard.

Dans le cas de la traction AV, le piston dérouleur est d'exécution conique, en vue de l'obtention d'une garde suffisante entre le soufflet et le piston dérouleur lors du déplacement spatial du ressort.

Sur la transmission quattro, les ressorts pneumatiques sont combinés coaxialement avec les amortisseurs en tant que jambe de force.



Les ressorts pneumatiques ne doivent pas être manoeuvrés à l'état exempt de pression, étant donné que le soufflet pliant ne peut alors pas se dérouler sur le piston et risque d'être endommagé. Sur un véhicule à ressort pneumatique sans pression, il faut, avant de soulever ou d'abaisser le véhicule (sur un pont élévateur ou à l'aide d'un cric) remplir le ressort pneumatique considéré à l'aide du contrôleur de diagnostic (cf. Manuel de réparation).

Transmission quattro

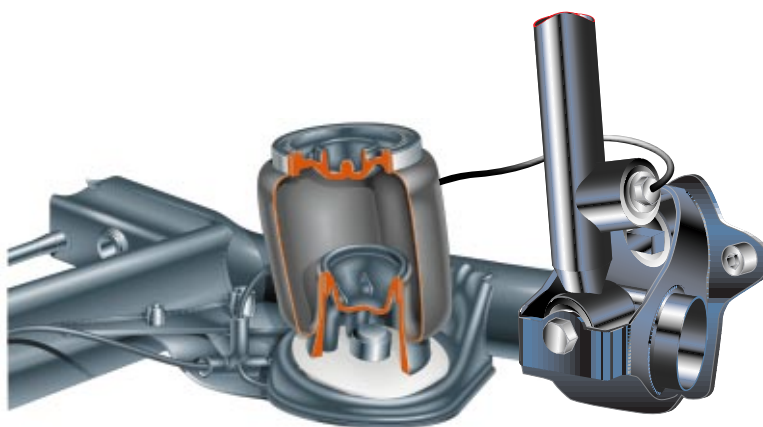
Disposition coaxiale ressort pneumatique/amortisseur PDC



242_043

Traction AV

Ressort pneumatique/amortisseur PDC dissociés



242_042

Conception de la jambe de force pneumatique

Sur la jambe de force quattro, la liaison/ l'étanchement du ressort pneumatique (piston dérouleur) à l'amortisseur est réalisé à l'aide d'un raccord à baïonnette à double étanchéité.

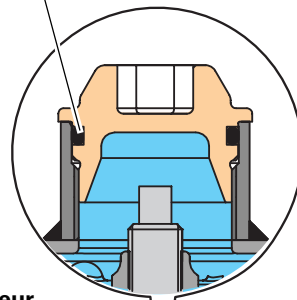
Le raccord à baïonnette doit être absolument propre et est graissé avant montage avec un lubrifiant spécial (cf. Manuel de réparation).

Le montage s'effectue par engagement du ressort pneumatique, puis rotation de ce dernier.

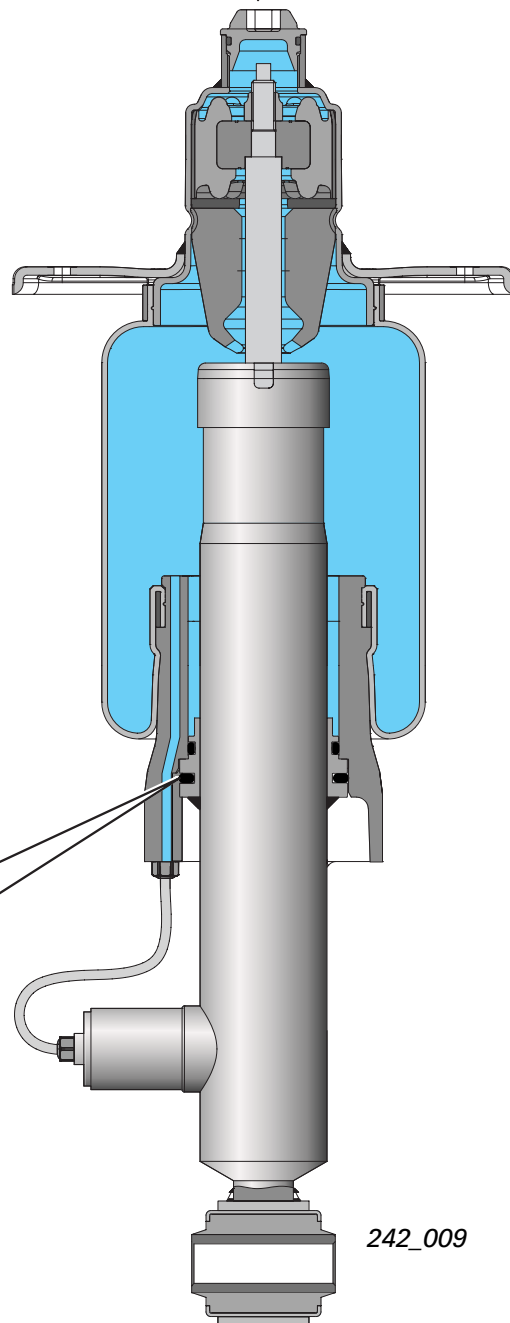


En cas de défauts d'étanchéité, il faut toujours veiller à l'étanchéité des joints toriques aux points indiqués. Les surfaces d'étanchéité doivent être propres, exemptes de corrosion et de retassures (éléments en aluminium) et en partie lubrifiées (cf. Manuel de réparation).

Joint torique

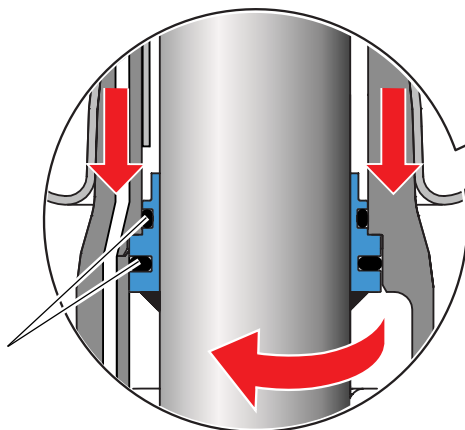


Obturbateur



Raccord à baïonnette

2 joints toriques



Correcteur d'assiette - A6

Groupe d'alimentation pneumatique

Dans le groupe d'alimentation pneumatique sont regroupés, dans un boîtier métallique

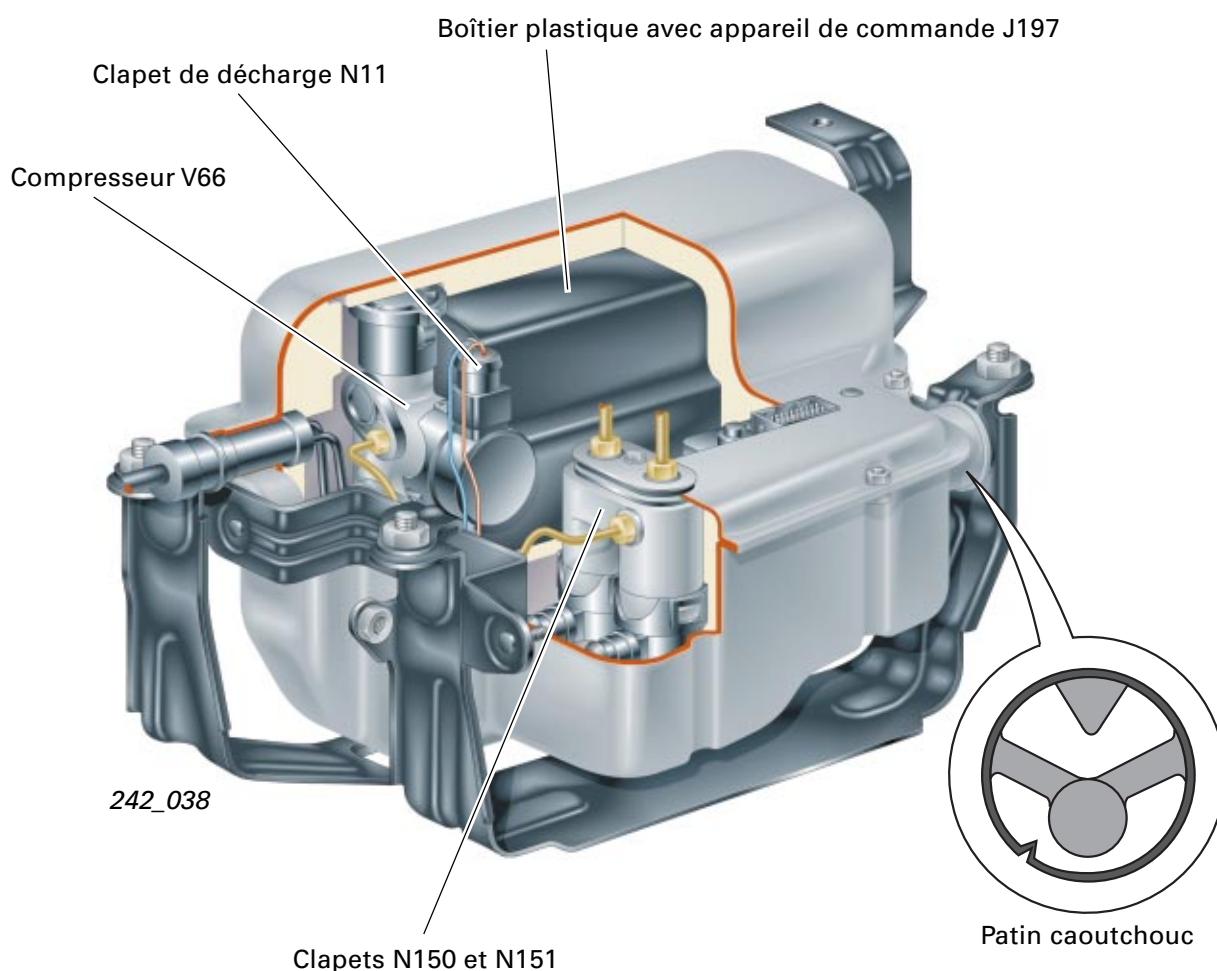
- le compresseur V66 avec sécheur d'air intégré et clapet de décharge N111,
- les clapets N150 et N151,
- l'appareil de commande J197
- et le relais du compresseur J403.

En vue d'amortir les vibrations et pour des raisons d'insonorisation, les composants susmentionnés sont logés dans une plaque d'insonorisation spéciale en mousse de polyuréthane (mousse PUR). La conception de la plaque d'insonorisation assure la fixation des différents composants dans le boîtier métallique.

Des patins caoutchoucs spécialement harmonisés évitent la transmission perceptible des vibrations à la carrosserie.

Veiller à la position de montage correcte des patins caoutchouc !

Les deux moitiés du boîtier métallique sont montées avec un joint. Ce joint sert uniquement à l'insonorisation. Etant donné que le compresseur aspire et rejette l'air du boîtier métallique, un certain manque d'étanchéité a été prévu au stade de la conception.



- | | | | |
|---|--------------------------------|----|------------------------------------|
| 1 | Filtre d'aspiration | 10 | Clapet de décharge N111 |
| 2 | Compresseur avec moteur V66 | 11 | Clapet de jambe de force AR G N150 |
| 3 | Clapet antiretour 1 | 12 | Clapet de jambe de force AR D N151 |
| 4 | Sécheur d'air | 13 | Ressort pneumatique AR G |
| 5 | Clapet antiretour 2 | 14 | Ressort pneumatique AR D |
| 6 | Clapet antiretour 3 | | |
| 7 | Etranglement | | |
| 8 | Filtre de décharge | | |
| 9 | Clapet de décharge pneumatique | | |



Correcteur d'assiette - A6

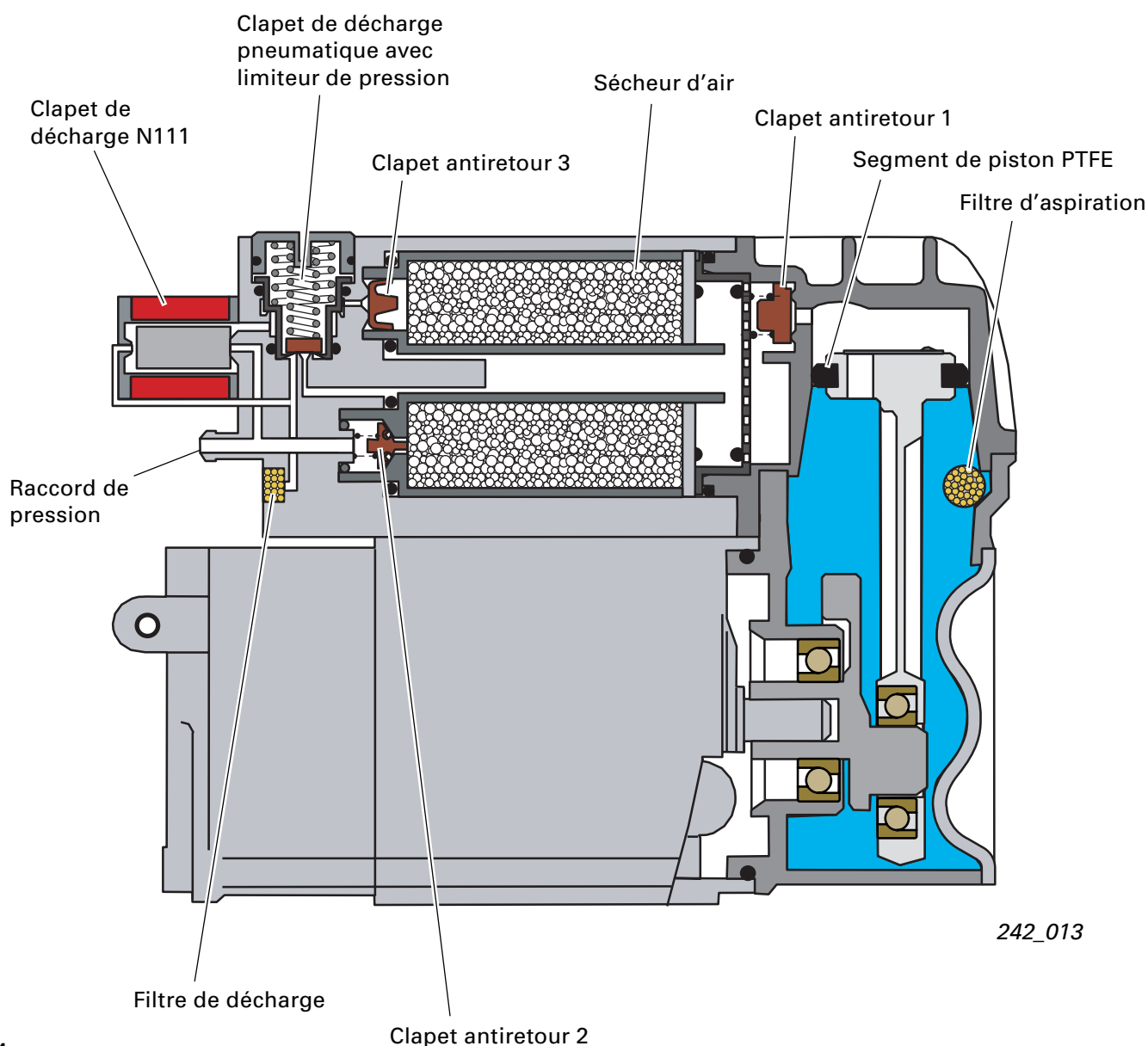
Compresseur

La génération de l'air comprimé est assurée par un compresseur à piston alternatif monoétagé avec sécheur d'air intégré. Afin d'éviter l'encrassement des soufflets pliants et de la cartouche du sécheur par l'huile, le compresseur est de type sec.

Des paliers lubrifiés à vie et un segment de piston en PTFE (polytétrafluoréthylène) garantissent sa longévité.

Le clapet de décharge N111 et le clapet de décharge pneumatique sont intégrés dans le boîtier de la cartouche de sécheur.

En vue de protéger le compresseur contre la surchauffe, il est coupé en cas de surtempérature (cf. chapitre Protection contre la surchauffe, page 61).



242_013

Aspiration/compression

Lors du mouvement de descente du piston, de l'air est aspiré dans le carter-moteur par un filtre fritté. Au-dessus du piston, l'air est comprimé et arrive via le clapet antiretour 1 au sècheur d'air.

En passant par le clapet antiretour 2, l'air comprimé et séché parvient au raccord de pression conduisant aux clapets N150 et N151.

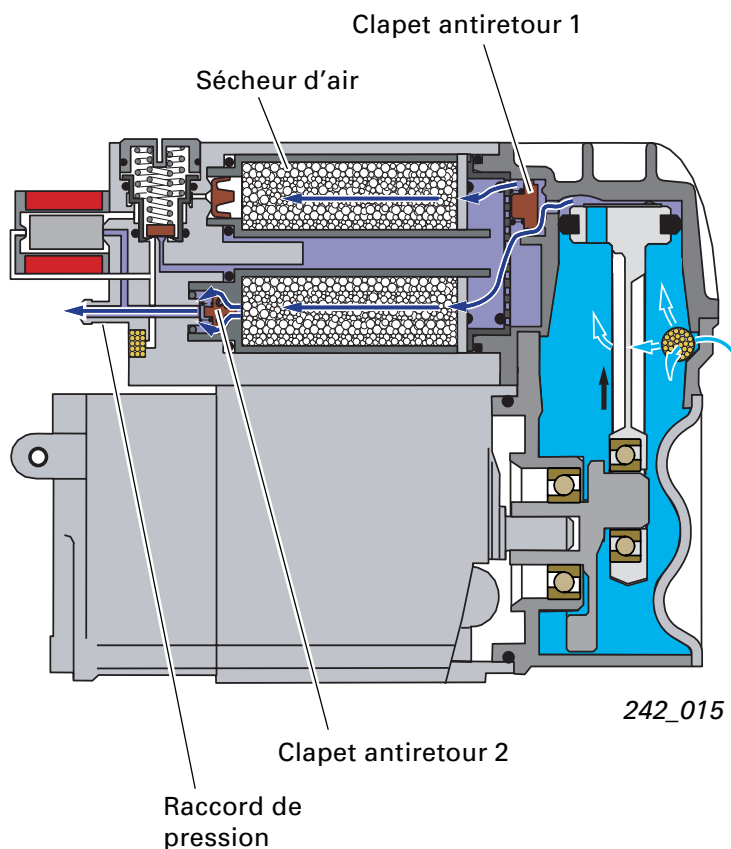
Refoulement

Lors du déplacement vers le bas du piston, l'air aspiré dans le carter-moteur est refoulé dans le cylindre via le clapet à diaphragme.

Remplissage/levée

Pour le remplissage (levée), l'appareil de commande pilote simultanément le relais du compresseur et les clapets des ressorts pneumatiques (cf. aspiration/compression).

Aspiration/compression



Refoulement

