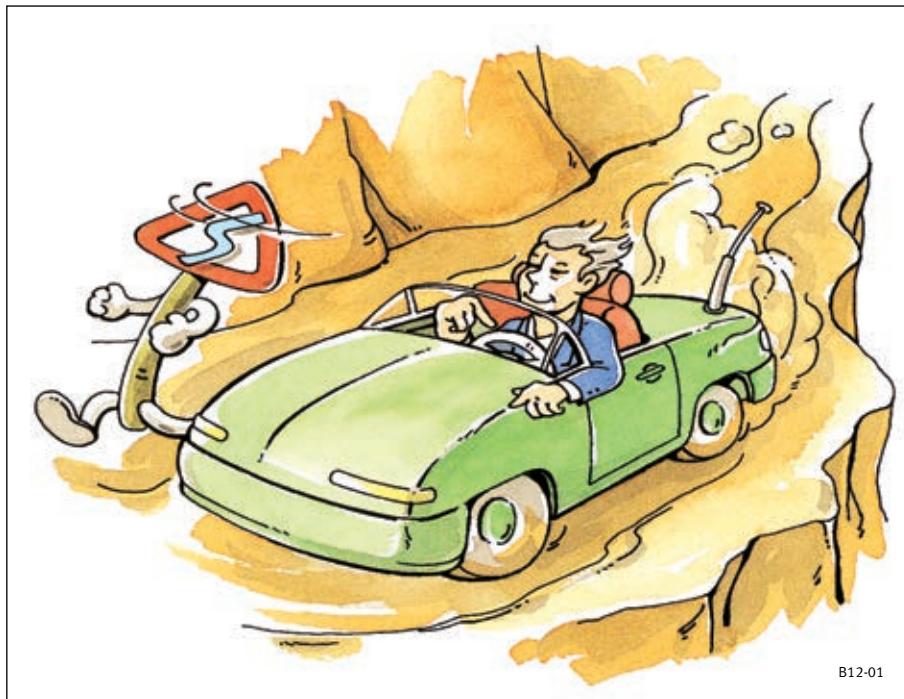


“Grâce à la direction, le conducteur parvient à diriger efficacement le véhicule sans grands efforts, tout en lui transmettant la sensation de contact avec la chaussée”.

BESOIN DE LA DIRECTION

La manipulation aisée de la direction améliore la stabilité de marche, mais permet aussi au conducteur de maintenir la trajectoire désirée.



La direction a pour **but** de garantir que le véhicule suive la **trajectoire** désirée par le conducteur, aussi bien en ligne droite que dans un virage et quelles que soient les conditions de conduite (accélération, freinage, vent latéral, etc.).

La direction **joue** sur la **stabilité de marche** d'un véhicule ; en effet, elle fait en sorte qu'aucune des roues ne soit entraînée par les autres, ce qui est possible grâce à la géométrie de la direction et aux cotes caractéristiques de chaque roue.

Les conséquences directes d'une bonne stabilité de marche sont l'augmentation du confort et de la sécurité.

Qualités de la direction

La manipulation de la direction d'un véhicule doit être souple et sûre et les roues directrices doivent revenir au point de départ après un virage. Les coups et irrégularités de la chaussée ne doivent pas être transmis au volant, mais le conducteur doit garder la sensation de contact avec la chaussée.

Une direction doit être :

- Sure.
- Souple.
- Précise.
- Irréversible.

Sure

Elle doit garantir de hauts niveaux de **sécurité active** (facilité de manipulation) et de sécurité **passive** (fiabilité et robustesse des composants, de même que la protection du conducteur en cas de choc frontal).

Souple

Cela est possible grâce à une **bonne géométrie** de la direction, que ce soit pour diriger les roues ou pour que ces dernières reviennent à leur position de repos. La souplesse dans la manipulation est aussi obtenue grâce aux

pneumatiques, lorsqu'ils sont en bon état et gonflés à la bonne pression.

Précise

Il s'agit d'un compromis entre l'**effort** que réalise le conducteur sur le volant pour **diriger** les roues et la capacité de la direction de **transmettre** au conducteur la **sensation** de contact avec la route. Pour ce faire, la démultiplication ne doit être ni trop grande (le conducteur n'apprécie pas la direction) ni trop petite (car elle devient fatigante et perd de sa précision).

Irréversible

Cela fait référence à la propriété de **ne pas transmettre** au volant les **oscillations**, vibrations ou efforts soudains auxquels les roues sont soumises pendant la circulation.

EN PROFONDEUR

Évolution de la direction

La direction des premiers véhicules à moteur était très simple. En effet, pour orienter les roues, il fallait tourner tout le train avant, de la même façon que les chariots. Cette technique allait bientôt être abandonnée en raison de l'instabilité des véhicules dans les virages. Il était alors opté pour le braquage de la roue et non pas de tout l'essieu.

Les roues allaient en évoluant avec la direction. Pour faciliter l'orientation des roues directrices, les roues de grands diamètre et poids allaient être remplacées par des roues plus légères et de dimensions plus réduites. Le pneu en caoutchouc et les jantes aux formes sophistiquées faisaient alors leur apparition.

Compte tenu de l'amélioration des performances du véhicule, une plus grande stabilité était requise et c'est ainsi que les angles de la roue furent appliqués. Afin de faciliter l'orientation des roues au conducteur, des mécanismes démultiplicateurs allaient être introduits, puis, plus récemment, de nombreux types d'assistance à la direction.



B12-02

La direction d'un véhicule doit être fiable, souple, précise et ne doit pas transmettre d'oscillations.

*“Le comportement et les qualités d'une direction
dépendent de ses composants
et de sa configuration dans le véhicule”.*

CONFIGURATION DE BASE DE LA DIRECTION

EN PROFONDEUR

Rapport de démultiplication

Il remplit la fonction de réduire l'effort pour orienter les roues, sans pour autant jamais perdre à l'excès la précision étant obtenue avec une transmission plus directe.

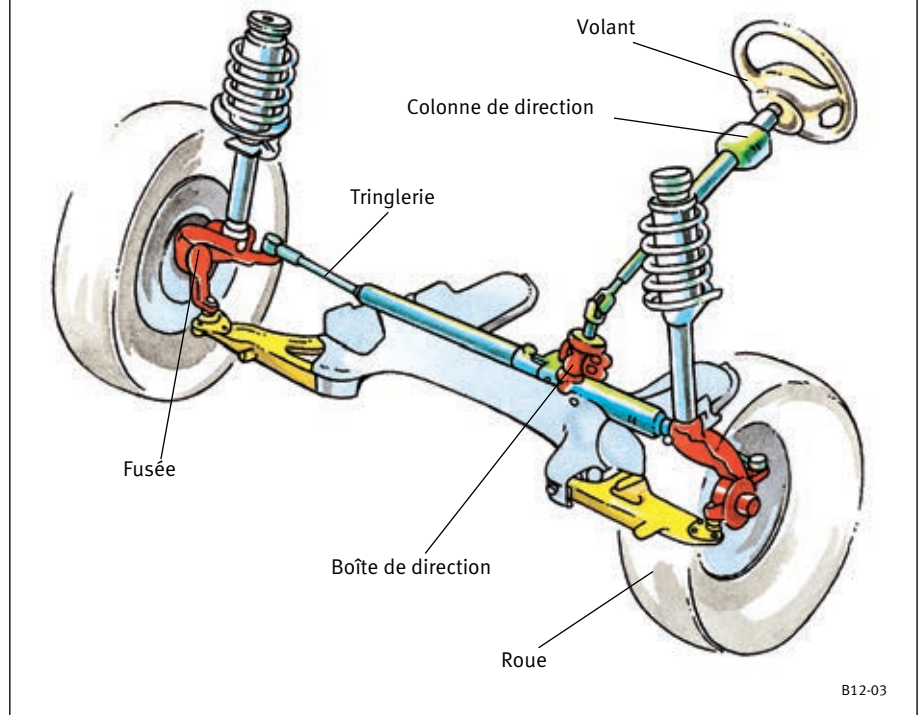
Le rapport de démultiplication est le **quotient** entre l'**angle de rotation du volant** et l'**angle obtenu dans l'orientation de la roue**.

Si, avec un tour complet du volant [360°], on obtient une orientation des roues de 20°, on dit que le démultiplication est de $360/20$, ce qui équivaut à 18:1.

Les démultiplications varient en fonction des caractéristiques du véhicule et oscillent entre des valeurs de 12:1 et 24:1.

Plus le rapport de démultiplication est grand, moins l'effort sur le volant est grand, plus de tours sont donnés au volant, moins la précision et la rapidité de braquage sont grandes. Et inversement pour un moindre rapport de démultiplication.

MÉCANISMES DE BASE D'UNE DIRECTION



B12-03

Composition élémentaire d'une direction

De nos jours, un système de direction peut être un mécanisme très complexe, avec des composants hydrauliques ou électroniques, mais se compose toujours des éléments suivants :

Un **volant**, sur lequel le conducteur applique le couple de force pour diriger les roues. Quant au volant, ce dernier transmet au conducteur la sensation de contact avec la chaussée.

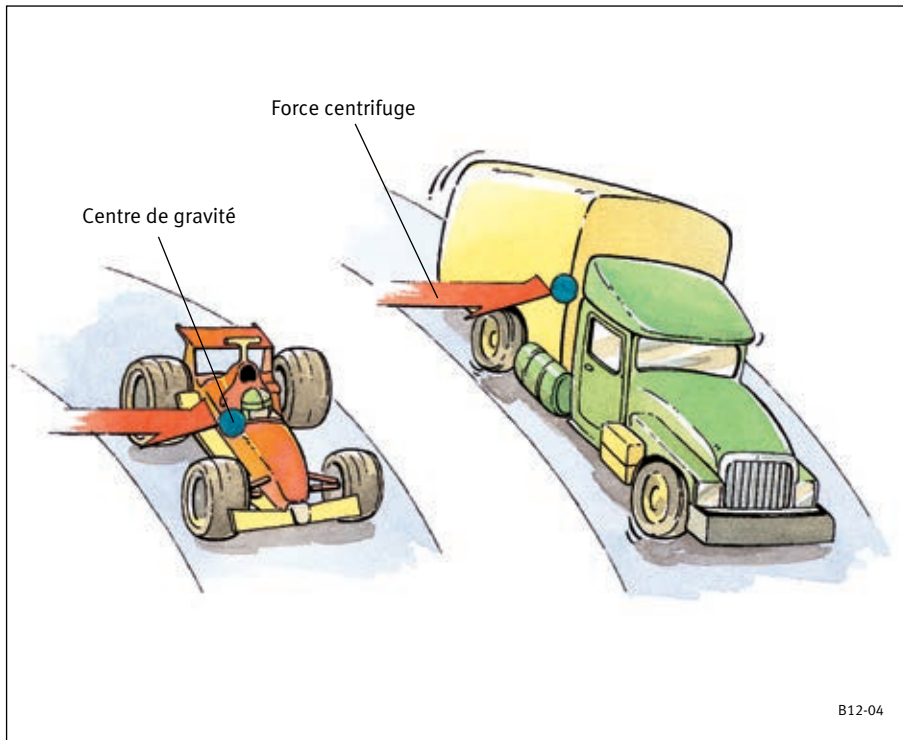
Une **colonne de direction** ou arbre de

direction, qui transmet les efforts du conducteur à la boîte de direction.

Une **boîte de direction**, qui remplit la fonction de démultiplier les efforts réalisés par le conducteur et de transformer le mouvement de rotation du volant en ligne pour l'appliquer à la tringlerie.

La **tringlerie**, qui est composée d'un ensemble de barres et de tringles qui permettent l'orientation des fusées.

Enfin, la **fusée**, qui est l'axe sur lequel tourne la roue. La fusée tourne, elle, autour de l'essieu pivotant.



Facteurs géométriques

Il existe d'autres facteurs qui, bien que n'étant pas propres à la direction, exercent une influence sur cette dernière, en particulier, sur la stabilité de marche du véhicule. Un exemple de ces facteurs est à tendance à doter le véhicule de la plus grande **largeur de voie** et d'**empattement** possible. Un autre exemple est le **centre de gravité**. Il consiste dans un point fictif sur lequel se concentrent toutes les accélérations, les forces et tous les couples intervenant dans le véhicule, du point de vue mathématique.

Lorsque le centre de gravité est élevé, cela fait augmenter le risque de basculement dans les virages. Lorsque celui-ci est très avancé, le véhicule a tendance à sous-virer, alors que s'il est trop en recul, le véhicule tend à survirer. Autrement dit, la position du centre de gravité sur le véhicule joue sur le comportement de ce dernier (direction, freins, etc.). Or, sa position varie en fonction de la répartition du poids.

Remarque : Vous trouverez l'explication des grandeurs physiques intervenant dans la direction dans le Multimédia n° 7 "Dynamique de marche 1".

EN PROFONDEUR

Comportements du véhicule :

Neutre

On considère qu'un véhicule est neutre lorsqu'il suit à tout moment la trajectoire déterminée par les roues directrices.

Survireur

Un véhicule survire lorsque, sous l'action d'une force externe, il tend à tracer un **cercle plus fermé** que celui qui correspond au braquage des roues directrices.

Un véhicule survireur est plus sensible aux forces latérales (vent, etc.).

Sous-vireur

Il s'agit du véhicule qui tend à décrire un **cercle plus grand** que celui correspondant au braquage des roues directrices.

Concernant ces véhicules, la limite de dérapage est tout d'abord atteinte par les roues avant.

Du point de vue de la sécurité, un véhicule au comportement neutre ou modérément sous-vireur est préférable.

“Pendant la circulation, la trajectoire est soumise à de nombreuses variations provoquées non seulement par le véhicule, mais aussi par des forces étrangères à ce dernier”.

FACTEURS D’INFLUENCE SUR LA DIRECTION

Le comportement de la direction est très sensible aux conditions de marche et à l'influence d'autres systèmes, tels que les suivants :

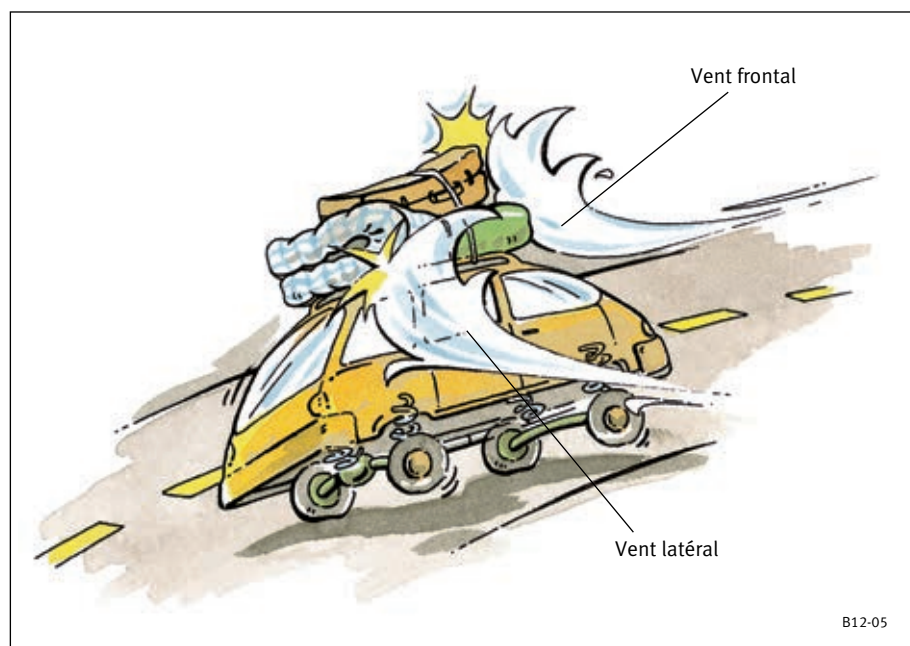
La forme de la carrosserie

Elle conjugue la **conception** (habitabilité, espace réservé à la charge, etc.) et le **comportement** face aux **vents frontaux** qui gênent l'avance et aux vents **latéraux** qui déstabilise la marche.

La répartition de la charge

Elle affecte la **stabilité** du véhicule puisque plus la charge est élevée, plus grande est la force centrifuge dans les virages et plus grande est la tendance à en sortir. Autrement dit,

La répartition de la charge dans le véhicule joue sur la stabilité de marche du véhicule.



la variation de la charge et de son positionnement **détermine** le **comportement** du véhicule, qui peut être : **neutre**, **sous-vireur** ou **survireur**.

De plus, dans la conception du véhicule, on détermine la **charge** supportée par le **train avant** de façon à calculer le mécanisme démultiplicateur ou d'assistance de la direction.

La suspension

Indépendamment de l'**absorption** des **vibrations** et des **oscillations** latérales de la carrosserie, elle permet aux **roues** de maintenir la **position idéale** sur la chaussée pour garantir la plus grande directionnabilité dans toute situation.

Cette propriété peut être appréciée dans la comparaison de véhicules de tourisme avec des véhicules sans suspension (tracteur agricoles, de travaux publics, etc.).

L'action des freins

Le freinage fait naître des forces dans les roues ; ces forces **donnent lieu** à des **couples** très élevés qui tendent à dévier le véhicule de sa trajectoire. Si ces forces et couples n'étaient pas pris en compte, la position des roues serait altérée, ce qui entraînerait l'instabilité du véhicule et le risque subséquent.

Des systèmes tels que l'ABS, l'ESP ou le réglage de la pression de freinage exercent une influence positive.

Le type de traction

En général, un véhicule dont les roues directrices sont aussi motrices est plus stable ; cela est dû au fait que la **traction** apportée dans les virages présente la **même orientation** que les roues directrices. Cela permet d'éviter la tendance au survirage, caractéristique des véhicules à propulsion arrière.

Les roues

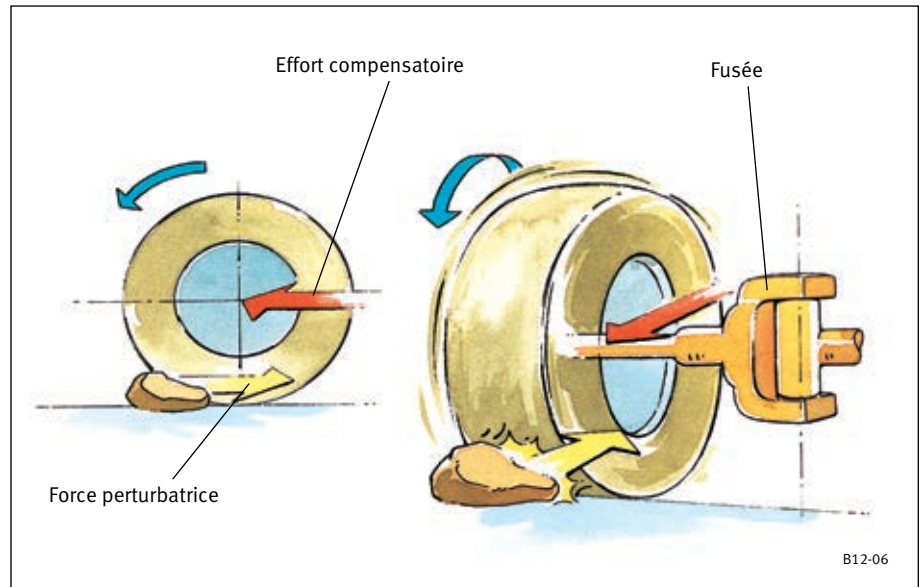
L'usure inégale des pneus, la perte d'une masse d'équilibrage ou un mauvais alignement des roues peut entraîner le **déséquilibre** (qu'il soit statique ou dynamique) et, par conséquent, une **instabilité** dans la **direction**.

De plus, l'emploi de **jantes** et de **pneumatiques** de dimensions autres que celles homologuées par le fabricant peut altérer le comportement de la direction.

L'essieu pivotant de la roue

La roue est toujours soumise à des **forces perturbatrices** compte tenu de son contact permanent avec la chaussée.

Ces forces engendrent un **couple résistant** qui tend à modifier la



position des roues pendant la circulation. Ce couple est proportionnel à la longueur du bras de levier.

En définitif, la géométrie de la direction et le mécanisme de direction doivent apporter un **couple de compensation** à l'essieu pivotant de la roue, afin de compenser le couple résistant et ainsi obtenir une direction sûre, souple, précise et irréversible.

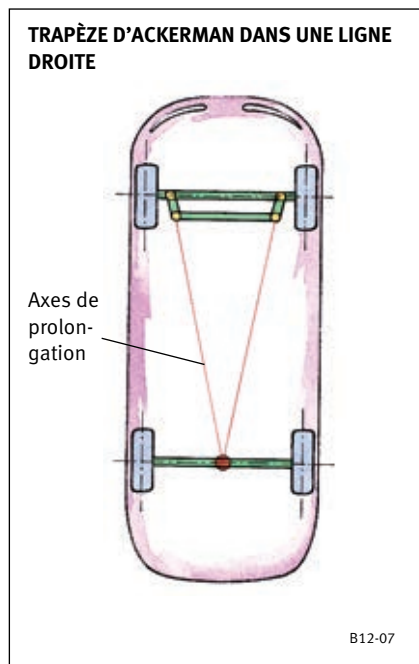
Facteurs externes

D'autres facteurs, tels que le **vent latéral**, le transport d'une **remorque** ou le **porte-bagages**, modifient en permanence la trajectoire du véhicule, qui requiert du conducteur des corrections continues.

Pour que la roue reste droite, le mécanisme de direction doit apporter le même effort que celui qui est opposé à l'avance à la fusée de la roue, et un effort plus grand que celui-ci pour orienter les roues dans une direction donnée.

*“Une direction est efficace si les roues sont concentriques dans les virages,
parallèles dans les lignes droites et si les effets de la déformation
des pneus sont neutralisés”..*

CONDITIONS REQUISES DE LA DIRECTION



Lorsque le véhicule circule dans une ligne droite, les roues doivent rester parallèles de façon à maintenir la stabilité de marche.

La stabilité dans la direction est obtenue grâce à la configuration d'une géométrie et d'une dérivée propres pour chaque véhicule.

Géométrie de la direction

Elle tend à ce que les roues remplissent deux fonctions : obtenir un unique centre de braquage dans les virages et maintenir leur alignement pendant la marche.

Centre de braquage dans les virages.

L'obtention de la concentricité de toutes les roues dans les virages permet d'éviter que l'une d'elles ne soit entraînée par les autres.

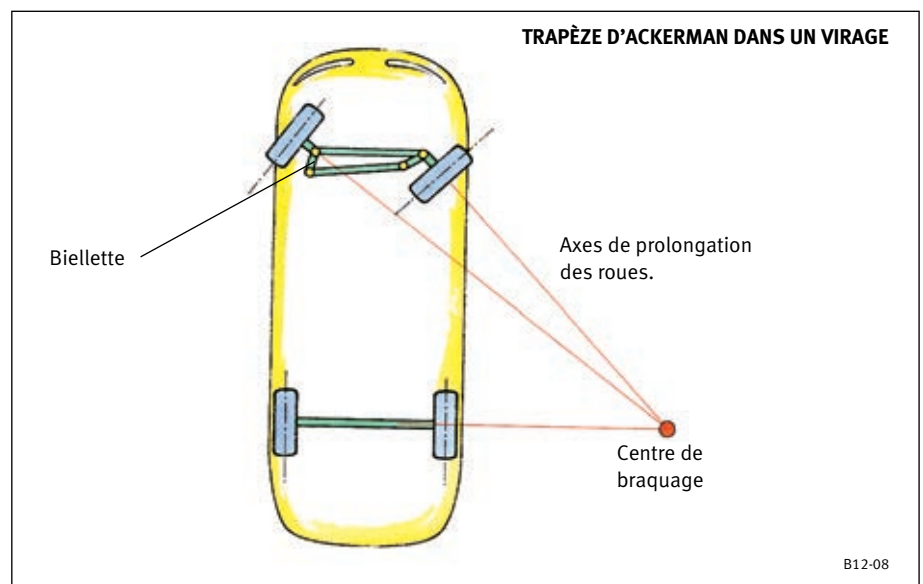
La solution technique est le “**Trapèze de direction**”, ou “**quadrilatère d'Ackerman**”, grâce auquel il est possible de faire en sorte que chaque roue directrice braque dans un angle distinct des autres, parcourant donc ainsi une distance différente. Pour ce faire, une inclinaison est

donnée aux biellettes, inclinaison telle que lorsque le véhicule circule **en ligne droite**, les axes de prolongation des biellettes coïncident avec le centre de l'essieu arrière, et, dans un **virage**, le point d'intersection des axes des roues directrices est situé dans le prolongement de l'essieu arrière. Pour ce faire, il faut tenir compte du comportement de l'essieu arrière, qui peut être de trois types :

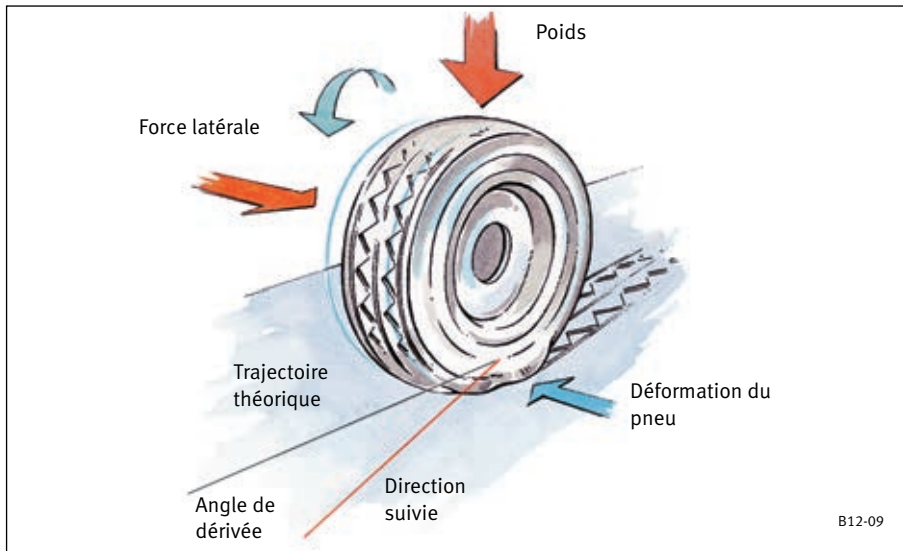
Neutre : sa position reste la même pendant la circulation.

Autodirectionnel : il utilise la force centrifuge du véhicule dans les virages et le balancement créé par celle-ci pour obtenir un auto-guidage de l'essieu arrière et ainsi neutraliser les forces latérales qui s'opposent au changement de direction.

Directionnels : ils sont dotés d'un mécanisme spécifique permettant d'orienter les roues arrière.



Le trapèze de la direction ou quadrilatère d'Ackerman est la condition géométrique qui garantit le braquage des roues autour d'un même centre dans la prise de virages.



Alignement des roues

Toutes les roues du véhicule sont dotées d'angles caractéristiques (pivot, carrossage, chasse et parallélisme) pour compenser les forces et les couples qui se créent (force motrice, poids, force centrifuge, etc.) et qui tendent à modifier l'alignement des roues lorsque le véhicule est en circulation. Le bon positionnement du pneumatique par rapport à la chaussée est ainsi obtenu afin d'arriver à sa **plus grande adhérence**, de même que le maintien du **parallélisme** des roues **dans les lignes droites** et leur **concentricité** dans les virages.

Angle de dérive

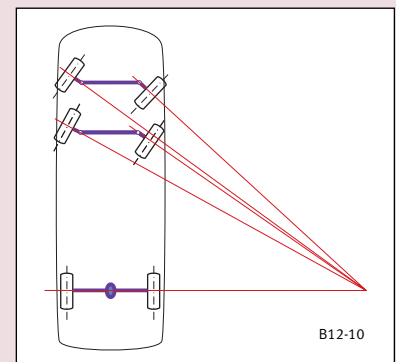
Il naît avec l'apparition d'une force latérale qui **déforme élastiquement** et **latéralement** les **pneumatiques** et entraîne une déviation du véhicule (angle de dérive) de la trajectoire marquée par le conducteur. Cet angle est plus accentué dans les **virages**, mais **existe** aussi dans les **lignes droites**. De même, il est en général différent au niveau des roues avant et des roues arrières. L'angle de dérive **augmente** proportionnellement au poids ou à la basse pression des pneumatiques. De même, il **diminue** avec un moindre profilé, une plus grande section et une haute pression des pneumatiques.

EN PROFONDEUR

Lorsque les véhicules ont plus de deux essieux, les critères suivants sont appliqués afin que toutes les roues braquent de façon concentrique.

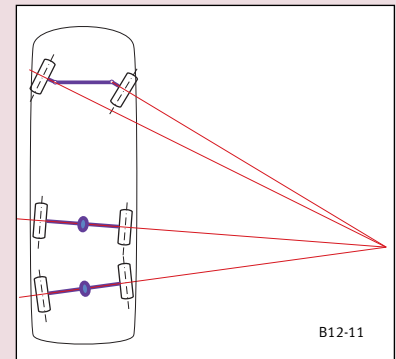
Deux essieux avant

Chacune des roues directrices braquent à un angle spécifique afin d'arriver à ce que toutes tourne autour d'un même centre de braquage.



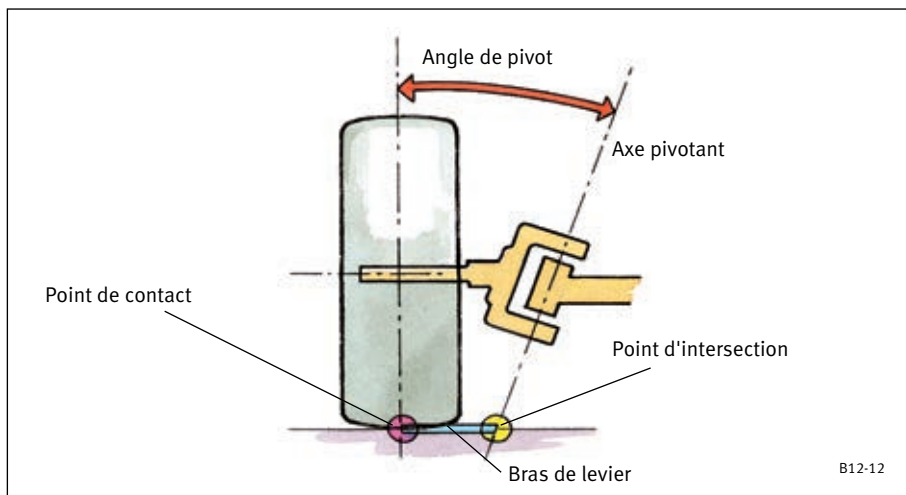
Deux essieux arrières

Cela demande une conception spécifique des suspensions afin d'arriver à un certain degré de directionnalité de l'un ou des deux essieux arrières.



*“L'inclinaison de l'axe pivotant de la fusée
apporte souplesse à la direction et facilite le retour des roues
à leur position initiale, soit en ligne droite”..*

ANGLE DE PIVOT



L'inclinaison de l'axe pivotant de la fusée par rapport à la verticale de la chaussée détermine l'angle de pivot de la roue.

Son rôle principal est d'**apporter de la souplesse à la direction** afin de réduire l'effort que doit produire le conducteur pour orienter les roues directrices et, dans une moindre mesure, **pour faciliter le retour** des roues dans leur position initiale.

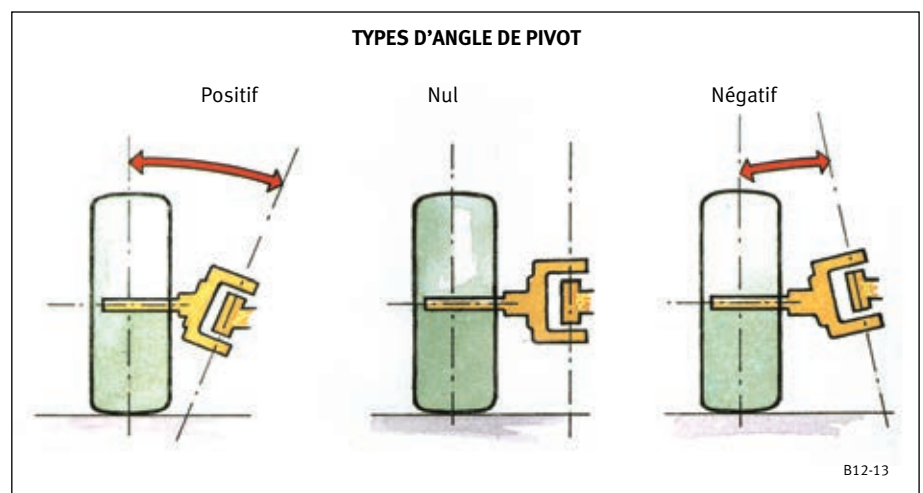
Définition

C'est l'angle que décrit l'**axe pivotant**

de la roue et l'axe vertical qui passe par le point d'appui de la roue. L'**unité** utilisée pour mesurer l'angle de pivot est le **degré**. La plupart des véhicules SEAT ne permettent pas sa correction. Normalement, les anomalies sont dues à la déformation d'éléments de la suspension, ce qui implique la substitution de pièces ou, le cas échéant, leur réglage.

Types

Ils sont regroupés selon leur valeur numérique (**positive, nulle ou négative**). Leur influence sur le véhicule dépend de la position du **point d'intersection** entre l'axe pivotant de la roue et la chaussée, puisque ce point et le **point de contact** de la roue avec la chaussée déterminent une distance, que l'on appelle **bras de levier** ou rayon de pivotement.



On distingue trois types d'angles de pivot, en fonction de l'inclinaison de l'axe pivotant de la fusée : positif, nul et négatif.

Influence sur le véhicule

Un **couple de force** se crée sur l'axe pivotant ; celui-ci dépend aussi bien de la force appliquée sur la roue que de la longueur du bras de levier.

Ce couple facilite l'action d'orientation des roues au conducteur et gêne le braquage accidentel en présence de forces perturbatrices (nids de poule, pierres, etc.) Il faut tenir compte du fait que la longueur du **bras de levier** varie en fonction de l'angle de pivot.

Bras de levier positif

Le **point d'intersection** se situe du **côté intérieur** de la roue. C'est le **plus approprié** ; il produit un petit couple résistant qui **oblige** les roues à **rester droites**. Il améliore la stabilité en absorbant

les défauts de la chaussée et empêche la direction de se déplacer d'elle-même.

Bras de levier nul

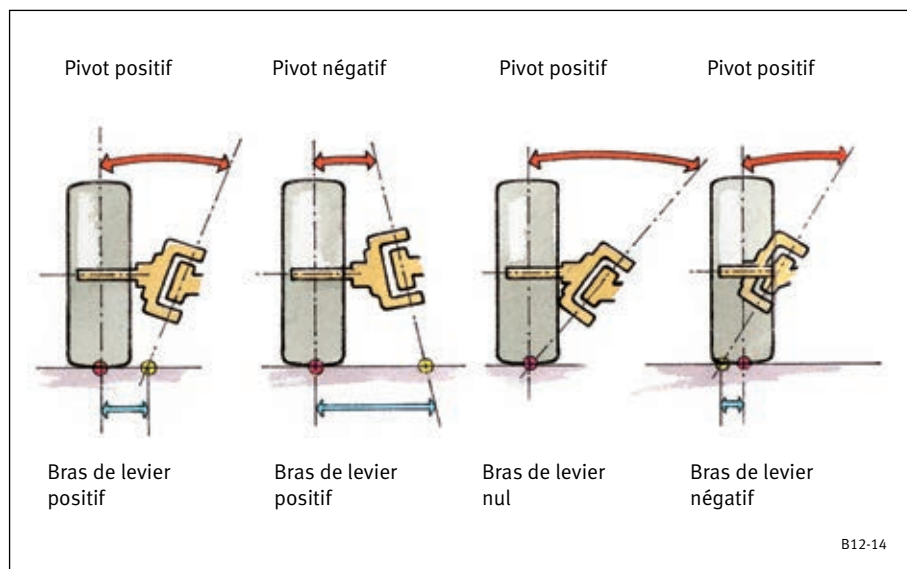
Il est obtenu lorsque le **point d'intersection coïncide** avec le **point de contact**.

En l'absence de couple de force, la direction peut se déplacer d'elle-même en présence d'un quelconque irrégularité sur la chaussée.

Bras de levier négatif

Le **point d'intersection** se situe du **côté extérieur** de la roue.

C'est la situation la plus dangereuse ; le volant bouge tout seul et le conducteur doit faire des efforts pour contrecarrer ces mouvements puisque c'est le couple de force lui-même qui fait braquer les roues.

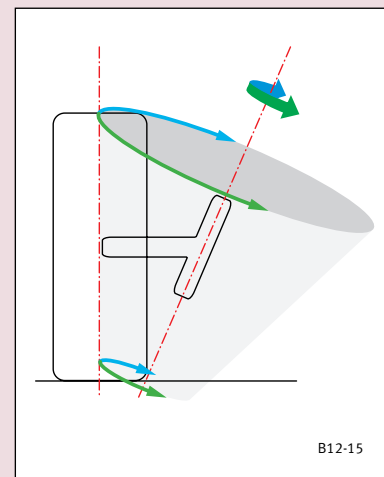


EN PROFONDEUR

La suspension et l'angle de pivot

L'angle de pivot, également connu sous les noms d'arrivée du pivot de la fusée, rayon de pivotement ou "King-pin", facilite le retour de la direction. En effet, lorsque la roue est braquée vers l'intérieur du véhicule, cela signifie que celle-ci tente de pénétrer dans la chaussée.

Étant donné que cela n'a pas lieu, c'est la suspension qui se comprime. Lorsque l'on cesse d'appliquer toute force sur le volant (couple), la roue revient à sa position de départ, qui est la position d'équilibre dans la direction.

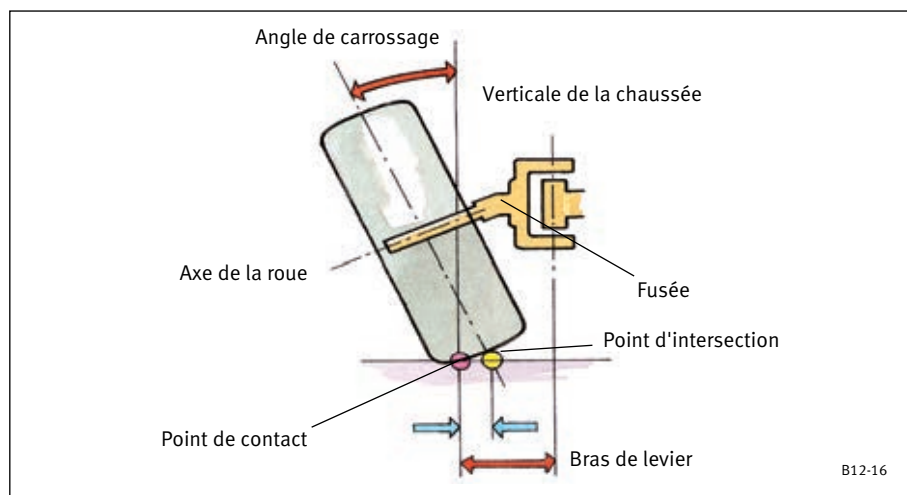


La longueur et le signe du bras de levier sont les facteurs physiques qui déterminent l'effort qui doit être produit pour orienter les roues.

*“Grâce à une légère inclinaison des fusées des roues,
le conducteur braque plus facilement les roues
et les efforts sur les fusées sont réduits”.*

ANGLE DE CARROSSAGE

L'inclinaison de la roue sur la verticale de la chaussée nous donne l'angle de carrossage de la roue.



L'angle de carrossage (ou camber) **facilite le braquage** de la direction en donnant aux **roues** une **inclinaison** ; de même, il réduit la charge dans la fixation de la fusée.

Définition

C'est l'angle formé par l'axe vertical de la roue et l'axe perpendiculaire à la chaussée.

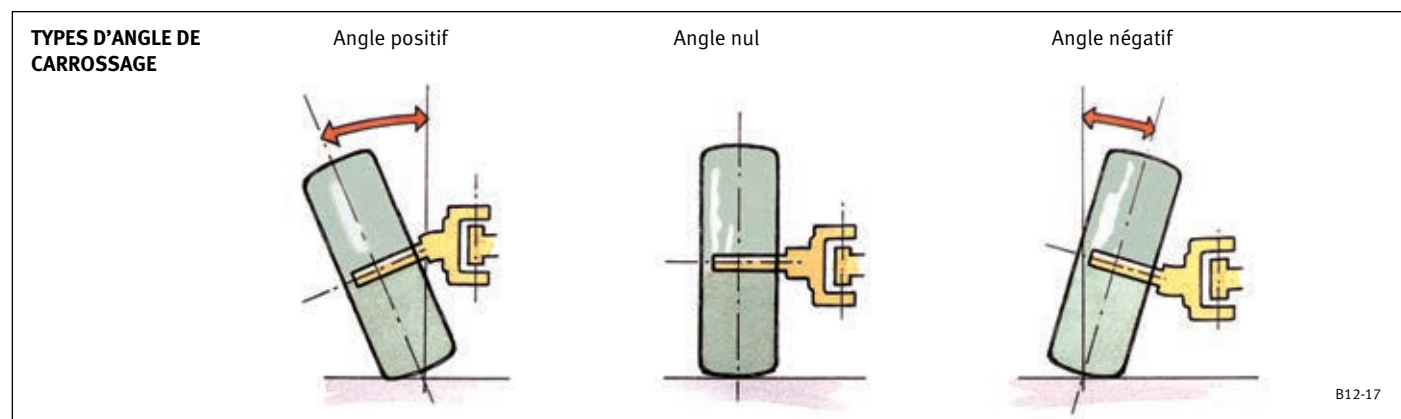
Il est obtenu en **inclinant** l'axe de la **fusée** par rapport à l'horizontale.

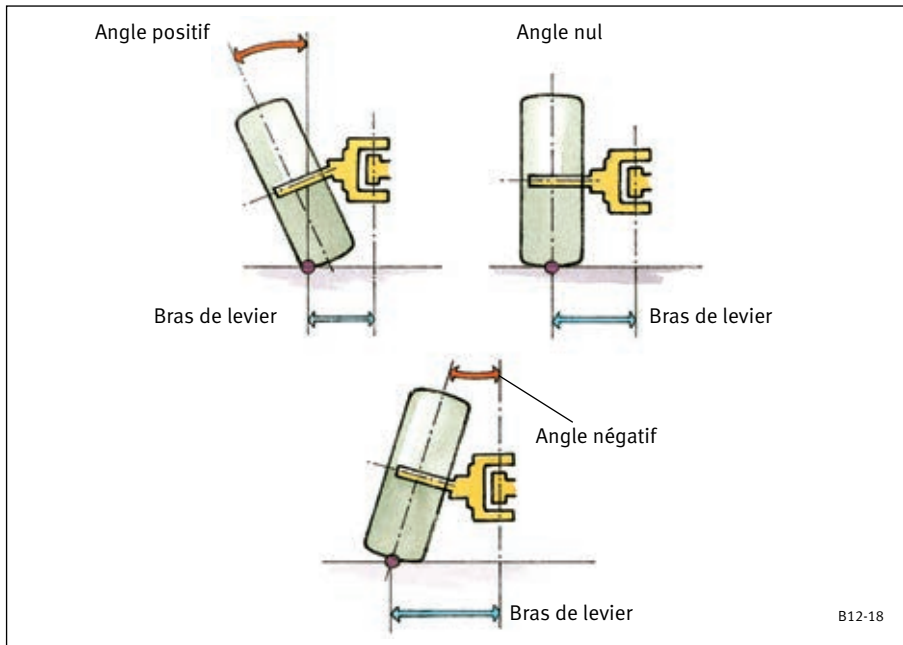
Les valeurs de l'angle de carrossage sont données en **degrés**.

Dans la plupart des véhicules SEAT, cet angle peut être corrigé. Le dérèglement trouve parfois son origine dans la déformation de l'axe des roues ou d'éléments de la suspension.

Types

L'inclinaison de la fusée peut être de trois types : **positive**, **nulle** et **négative**.





Influence sur le véhicule

Elle permet de faire varier la longueur du bras de levier sans trop modifier l'angle de carrossage et ainsi faciliter ou durcir le braquage des roues.

Angle nul

Il apporte une direction qui requiert l'application d'un **plus grand effort** puisque la longueur du bras de levier est plus grande, ce qui fait que les supports des **axes pivotants** supportent la **totalité** des **charges** verticales.

Angle positif

Il réduit la charge sur les supports de la fusée et la longueur du bras de levier et **facilite** ainsi le braquage. À

l'heure actuelle, cette valeur est positive, mais très proche de zéro. Il est neutralisé lorsque la suspension se comprime pour l'obtention d'une **meilleure adhérence** de la roue dans les virages et d'une usure uniforme des pneumatiques.

Angle négatif

Il permet une meilleure adhérence dans les virages, mais la manipulation de la direction requiert un **plus grand effort** et l'usure des pneus est plus irrégulière compte tenu de l'augmentation de la distance du bras de levier.

La grandeur de l'angle de carrossage a une grande influence sur le couple requis pour l'orientation des roues directrices.

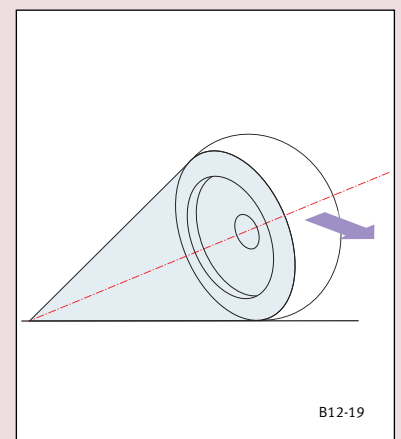
EN PROFONDEUR

L'inclinaison de la roue dans l'angle de carrossage

Lorsque la roue est inclinée, les côtés du pneu se déforment de façon inégale en raison du poids.

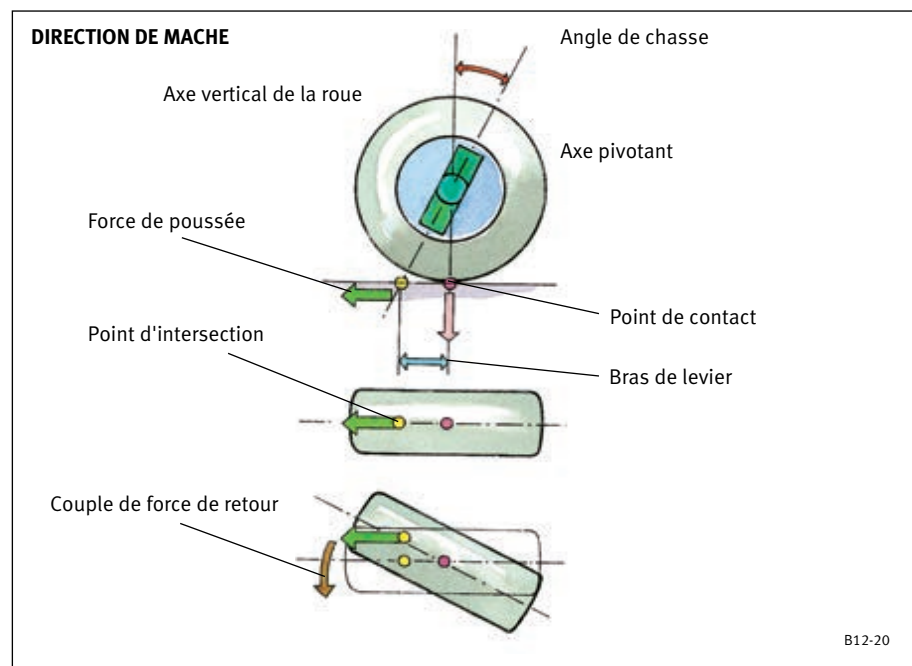
Lorsqu'une roue inclinée tourne, ses côtés tournent aussi, mais sur des **rayons de rotation différents** (rayon intérieur, rayon extérieur) ; la roue n'avancera donc pas en ligne droite, mais sera déviée.

Autrement dit, un **cône de rotation** se crée autour de l'axe de la fusée, dont la base est la face intérieure de la roue et le **sommet**, le point d'intersection entre le sol et la projection de l'axe de la fusée.



“Sa fonction principale est de favoriser le retour des roues directrices à leur position de départ, soit en ligne droite, à la sortie d'un virage”..

ANGLE DE CHASSE



La chasse positive donne lieu à la création d'un couple de rotation dans la roue par la force de poussée et la force perturbatrice, couple qui fait revenir la roue dans sa position initiale, soit en ligne droite.

L'angle de chasse aide à la stabilité de marche en jouant sur l'orientation des roues.

Définition

Il s'agit de l'angle que forment l'inclinaison de l'axe pivotant de la roue et de l'axe vertical de la roue, vus latéralement.

Les **unités** de mesure de cet angle les plus courantes sont les **degrés**, bien que d'autres fabricants emploient les **millimètres**, parce que ceux-ci mesurent la distance entre le point d'intersection et le point de contact. En général, les petits écarts peuvent être corrigés. Cependant, lorsque les valeurs sont élevées, certains

éléments de la suspension doivent être changés.

Types

Les valeurs de cet angle peuvent être **positives, nulles et négatives**.

Influence sur le véhicule

L'angle de chasse engendre une **force de poussée** dans le sens de la marche et proportionnelle au poids supporté par la fusée. Cette force s'applique au point d'intersection entre l'axe pivotant de la roue et la chaussée.

Lorsque la **roue tourne**, le point d'intersection se sépare de l'axe longitudinal, ce qui donne lieu à la naissance d'un **bras de levier transversal**.

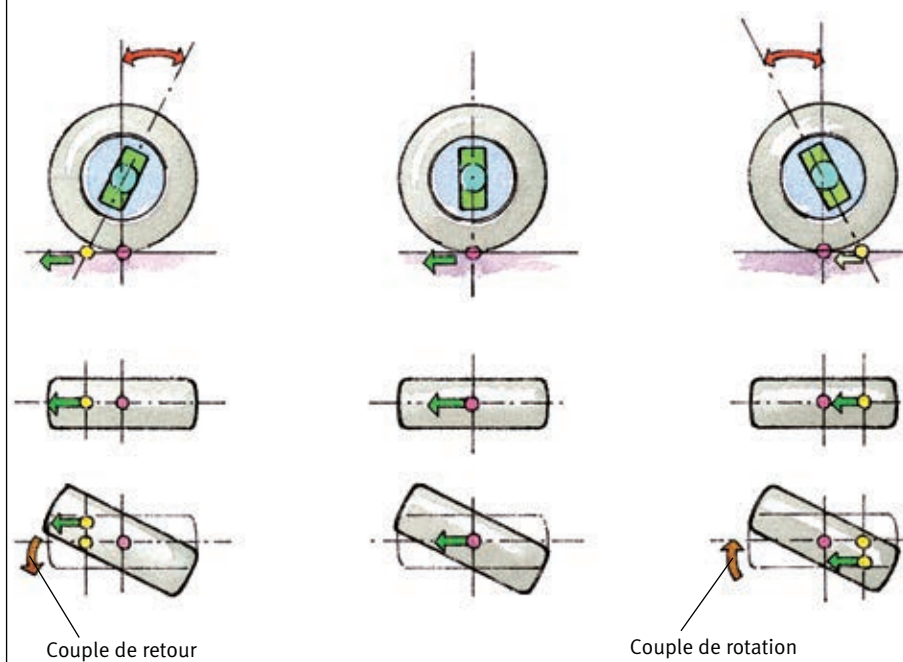
Cela crée un **couple de forces** qui dépend aussi bien de la longueur du bras que de la grandeur et du sens de la force.

Le couple de force peut avoir **deux effets** : braquer davantage les roues ou les faire revenir à leur position de départ, en ligne droite.

Ce couple disparaît lorsque la roue se redresse.

La longueur du bras de levier transversal dépend directement de la plus ou moins grande ouverture de l'angle de chasse.

INFLUENCE DE LA CHASSE



B12-21

Effets de la chasse nulle

La roue est **exposée** aux altérations occasionnées par toute **force perturbatrice**. En effet, lorsque les roues sont en shimmy constant, aucun couple de rotation faisant revenir les roues dans leur position initiale n'est créé.

Effet de la chasse positive

Le couple de force engendré tend à **orienter** les roues en ligne **droite**, ce qui empêche ces dernières de tourner d'elles-mêmes. Il s'agit du cas de figure le plus généralisé. Plus l'avance est grande et plus la réversibilité des roues est

grande (plus grand couple de rotation), mais aussi, plus l'effort à produire pour braquer la direction est élevé.

Effets de la chasse négative

Lorsque la roue est braquée, un couple de force est créé, couple qui tend à **augmenter** la **rotation** de la roue et à **empêcher** le **retour** du volant, à moins qu'il ne soit agi énergiquement sur ce dernier.

La différence de comportement entre l'avance positive et l'avance négative peut être constatée sur un même véhicule, en conduisant en marche avant ou en marche arrière.

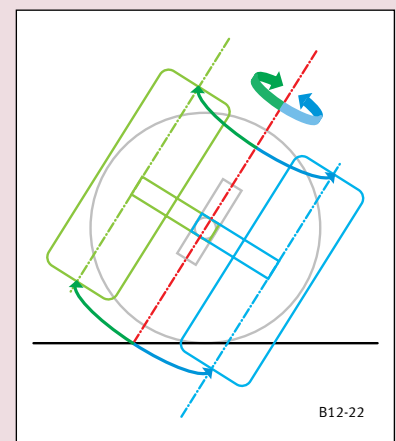
EN PROFONDEUR

Comportement de l'angle de chasse en tournant

L'angle de chasse ou "caster" engendre un deuxième effet lorsque les roues sont braquées : l'"applatissage ou l'expansion" de la suspension, ce qui joue sur la stabilité de marche.

Lorsque la **roue** tourne vers l'**extérieur**, l'avance donne lieu à une **compression** de la suspension qui adopte alors une **inclinaison négative**, d'autant plus grande lorsque le virage est fermé, alors que si la rotation se fait vers l'**intérieur**, la suspension s'expand et adopte une **inclinaison positive**.

Par conséquent, lorsque le véhicule décrit un arc et que la carrosserie bascule, l'angle d'avance joue activement sur la stabilité de marche en luttant contre le retournement de l'automobile.

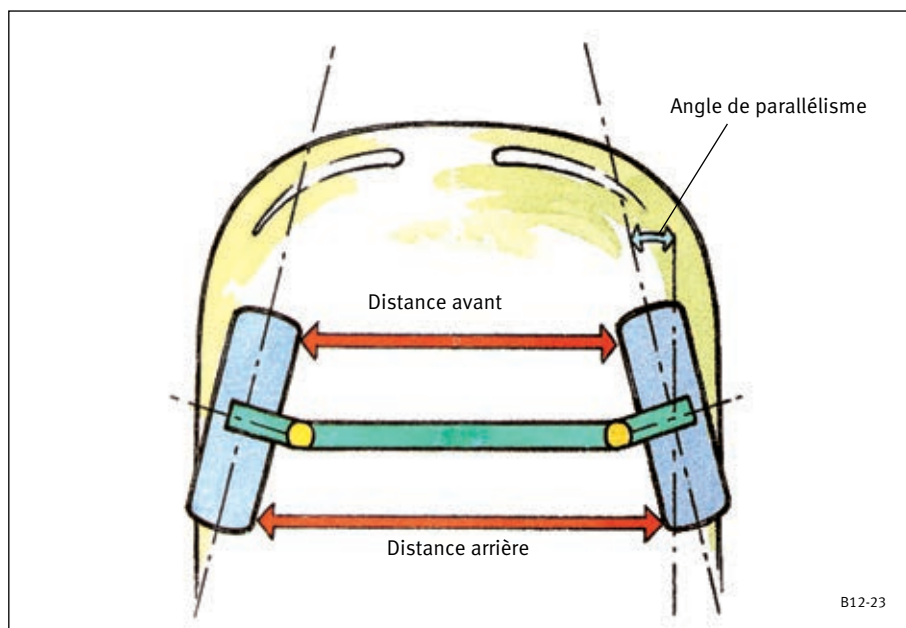


B12-22

*“Grâce à une petite convergence ou divergence,
il est possible d'arriver à ce que toutes les roues restent parallèles à l'axe longitudinal
du véhicule lorsque ce dernier circule”.*

PARALLÉLISME

Le parallélisme consiste dans le fait de déterminer si les roues d'un même essieu sont ou non parallèles. Pour ce faire, on mesure les distances aux points avant et arrières des jantes.



Lorsque le véhicule circule, une série de forces (freinage, motricité, suspension, etc.) sont créées, qui, combinées aux angles de pivot et de carrossage, modifient le parallélisme des roues. Le parallélisme permet de compenser ces effets.

Définition

On appelle parallélisme la différence des **distances** entre les avants des **jantes** et les arrières de ces dernières, mesurées à la même hauteur du sol et diamétralement opposées.

Pour conserver l'exactitude de la mesure, cette dernière doit être relevée sur les jantes et non pas sur les pneus.

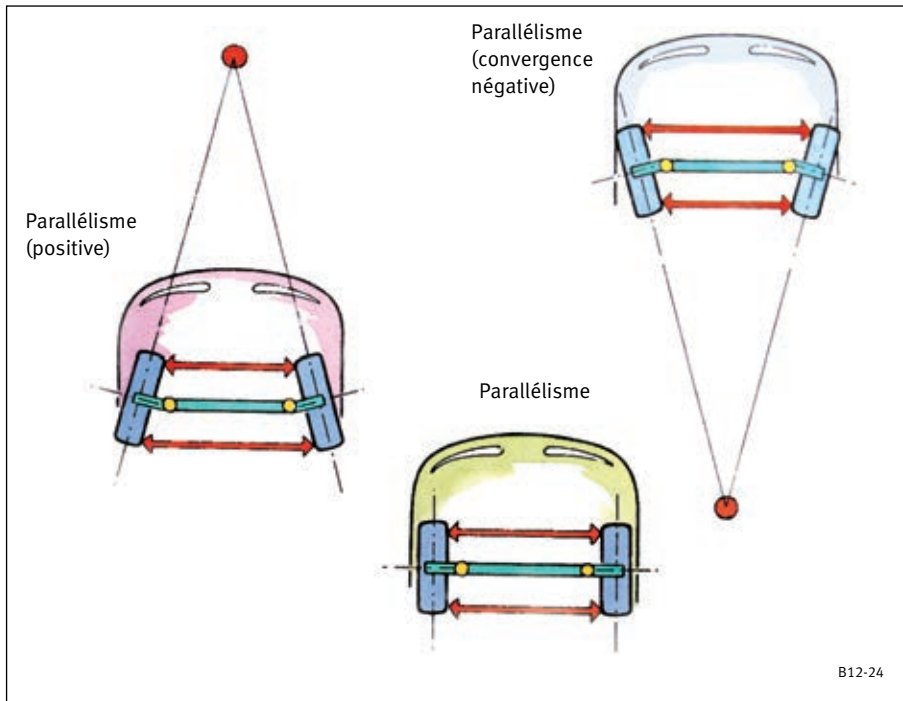
L'**unité** utilisée pour mesurer le parallélisme est le **millimètre**. SEAT fournit parfois la valeur de l'**angle de parallélisme** ou **angle de dérive de la trace**. C'est l'angle que décrit la roue en tournant par rapport à l'axe longitudinal.

Types

Il sont classés en fonction de la position du point d'intersection des axes longitudinaux de symétrie des roues d'un même essieu.

- **Parallélisme nul** : les roues sont complètement parallèles.

- **Parallélisme positif** : le point d'intersection se situe devant le véhicule.



- **Parallélisme négatif ou divergence :**
le point d'intersection se situe
derrière le véhicule.

Influence sur le véhicule

Le fait de maintenir le parallélisme des roues par rapport à l'axe longitudinal du véhicule **permet d'éviter l'instabilité** de la **trajectoire** dans les lignes droites, de même que **l'usure irrégulière** des pneus. Cela veut dire que lorsque le véhicule est à l'arrêt, les roues convergent ou divergent légèrement afin de compenser le couple qui tend à les fermer ou à les ouvrir sous l'influence de la traction ou des freins.

Le bon état de convergence évite l'usure anormale des roues.

Effets du parallélisme positif

La convergence dans les roues directrices **compense** la **tendance** des roues à **s'ouvrir** dans les véhicules à traction arrière, et à se séparer au freinage dans les véhicules à traction avant.

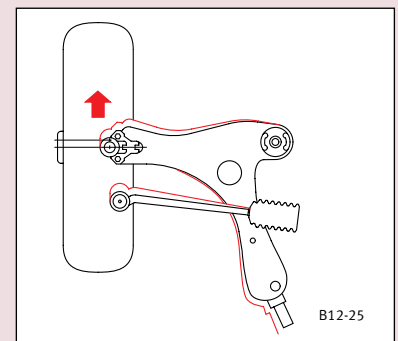
Effets du parallélisme négatif

La divergence **compense** la **tendance** des roues avant à **se fermer** pendant la marche dans les véhicules à traction avant.

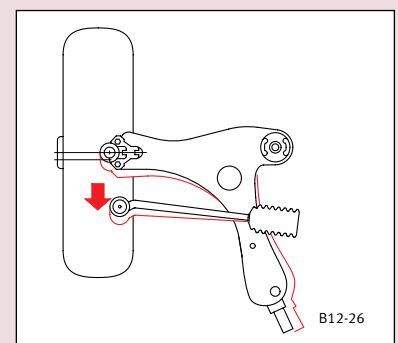
EN PROFONDEUR

Compensation du parallélisme

Le bras de suspension et les deux "silentblocs" d'union à la carrosserie jouent un rôle actif dans la variation du parallélisme ou "Toe-In". Le silentbloc arrière présente une distribution asymétrique du caoutchouc, ce qui permet un certain degré d'élasticité. Lorsque la **force de traction** agit, le bras de suspension tourne autour du "silentbloc" avant grâce à l'élasticité du "silentbloc" arrière, donnant ainsi lieu à un **parallélisme positif**.

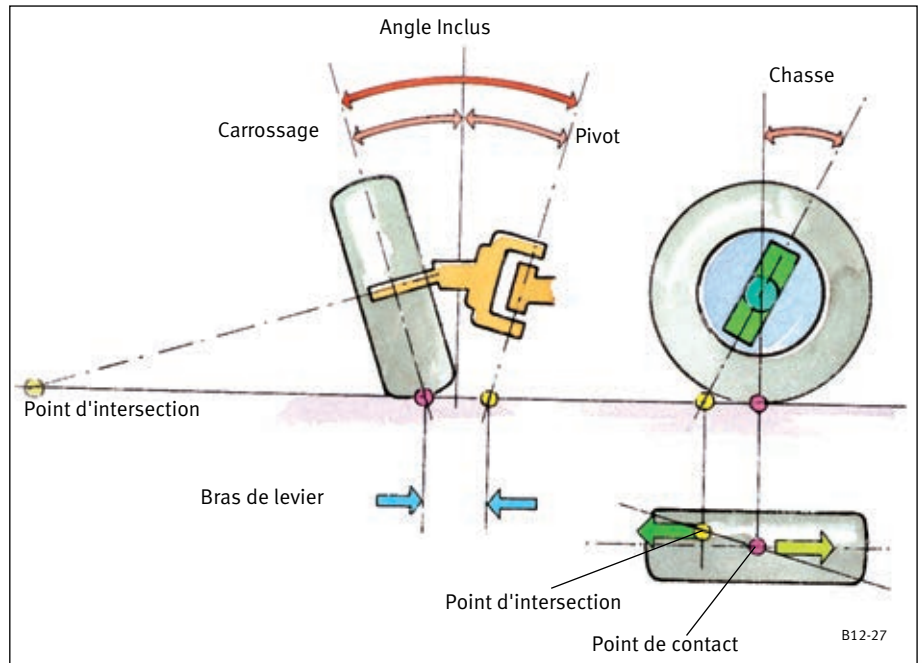


Lorsque la **force de freinage** agit, le bras de suspension se déplace légèrement vers l'arrière, le **parallélisme** ayant donc tendance à être **négatif**.



*“Se denomina así a la suma de los ángulos de salida y de caída;
la combinación de ambos mejora el guiado del vehículo,
especialmente en la aceleración y en el frenado”.*

ANGLE INCLUS



Le signe et la valeur de l'angle inclus déterminent la tendance de la roue au braquage.

Définition

Il s'agit de la **somme** de l'**angle de pivot** de l'axe pivotant **et** de l'angle de **carrossage** de la fusée.

Les **unités** utilisées pour la mesure sont les **degrés** ou les **millimètres**, selon que soit mesuré l'angle ou le bras de levier.

Il combine les fonctions des angles de pivot (souplesse dans l'orientation des roues), de carrossage (réduction des efforts sur les fusées) et de chasse (maintien de la trajectoire des roues).

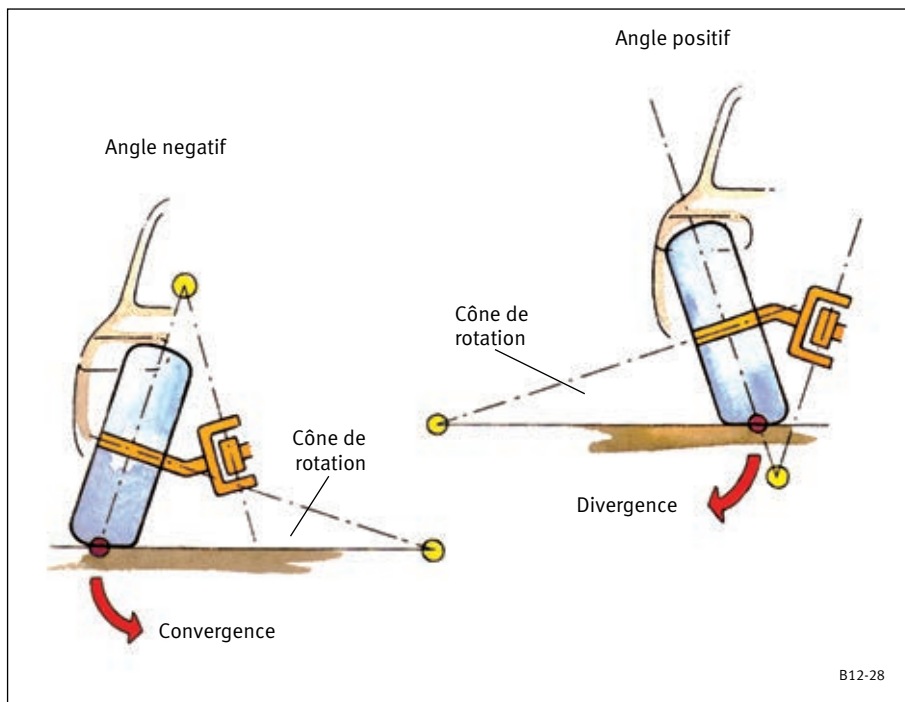
L'angle inclus et l'angle de chasse, pris dans leur ensemble, font que le point d'intersection soit situé hors de l'axe longitudinal de la roue.

De telle sorte que si ceux-ci s'unissent, le point d'intersection et celui de contact définissent la **ligne de convergence**.

La **tendance** de la roue à **converger** augmente avec les valeurs positives de l'angle inclus et de l'angle de chasse, alors que la **tendance** à **diverger** augmente lorsque ces valeurs sont négatives.

Types

Ils sont classés en fonction du résultat de la somme de l'angle de pivot et de carrossage et peuvent donc être **nuls**, **négatifs** ou **positifs**.



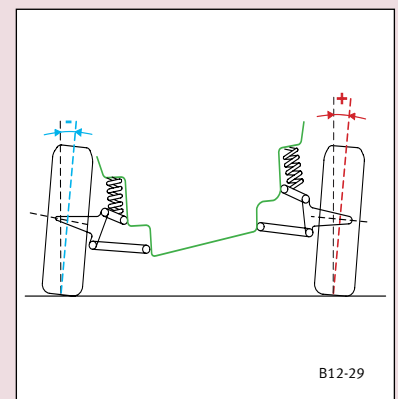
L'angle inclus positif fait tendre la roue à diverger. Lorsqu'il est négatif, la tendance est à la convergence.

EN PROFONDEUR

La suspension indépendante

Pendant la circulation et en présence de suspensions indépendantes, une roue peut modifier sa chute positive dans l'expansion de la suspension, cette dernière devenant négative dans la compression.

Cet effet a lieu lorsque le véhicule balance, que ce soit en raison des irrégularités de la chaussée ou du simple fait de circuler dans des virages. On parvient ainsi à une augmentation de la stabilité de marche dans la mesure où une grande opposition au renversement du véhicule est produite et que les pneus s'usent correctement.



Influence sur le véhicule

Il joue aussi bien sur la tendance à converger ou diverger que sur l'usure irrégulière des pneus.

Angle nul

Il offre l'**adhérence maximum** du pneu, puisque ce dernier n'a **aucune tendance** et que les côtés des pneus se déforment de la même façon. L'inconvénient est la grande longueur du bras de levier.

Angle négatif

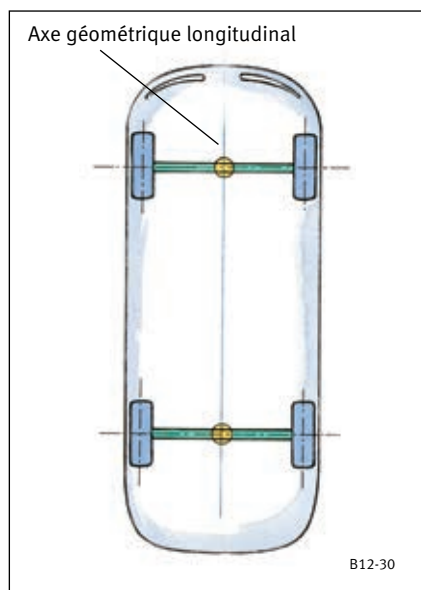
Le sommet du cône de rotation se situe côté intérieur du véhicule, la roue ayant donc **tendance converger**. Cela **favorise** le **guidage** du véhicule au freinage et réduit le risque d'instabilité si les roues ne freinent pas toutes de la même façon. L'inconvénient est l'augmentation de la longueur du bras de levier.

Angle positif

Le sommet du cône de rotation se situe côté extérieur du véhicule, la **tendance** de la roue étant donc à la **divergence**.

“La connaissance d'autres cotes de la direction peut aider à diagnostiquer d'éventuels défauts, que ce soit dans la direction, dans la carrosserie ou dans les trains roulants”..

AUTRES COTES INTERVENANT DANS LA DIRECTION



La bonne position de l'axe géométrique centrale a des effets positifs sur la stabilité de marche du véhicule.

Les appareils de vérification modernes permettent de mesurer d'autres cotes caractéristiques de la direction. Grâce à ces données, il est possible de localiser des défauts, que ce soit dans la direction ou dans les trains roulants, de même que des déformations dans la carrosserie.

La géométrie centrale

Elle est définie comme la **ligne perpendiculaire** aux **essieux** avant et arrière.

Sa **finalité** est de déterminer le **parallélisme** des roues avant et arrières par rapport à l'axe longitudinal du **véhicule**.

Si les quatre roues sont alignées, c'est-à-dire, parallèles à l'axe géométrique central, nous avons un cas optimal de stabilité maximum de marche.

Déviatio

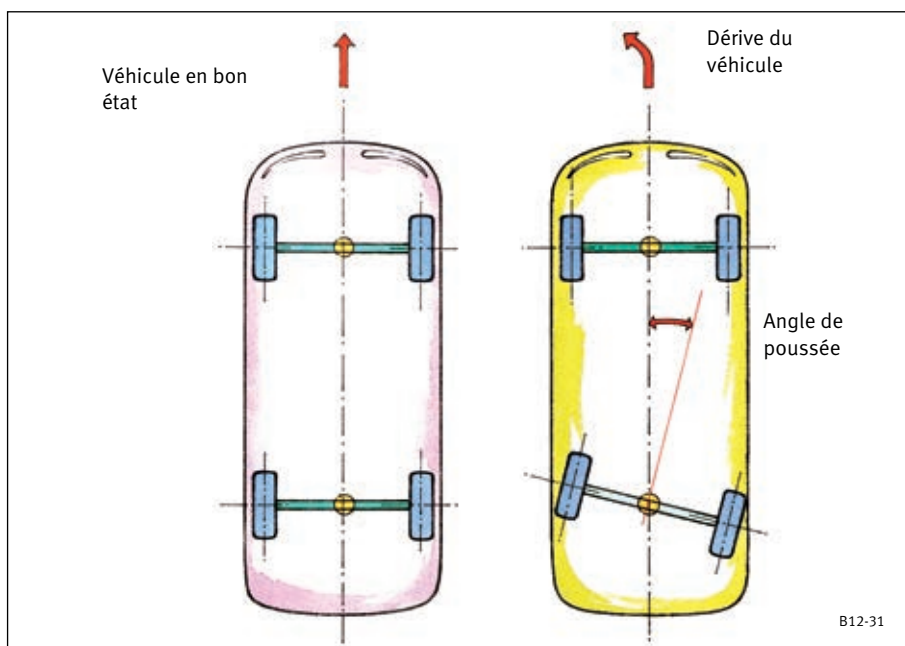
Elle a lieu lorsqu'une **déviatio** (angle) se produit entre l'axe géométrique central et la **perpendiculaire** à l'**essieu arrière** en son milieu.

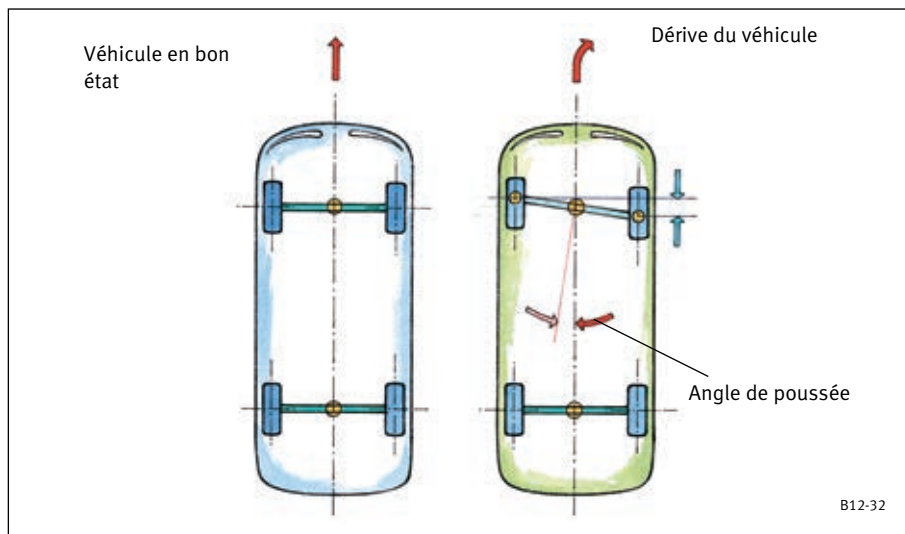
L'angle obtenu est mesuré en degré. Un véhicule présentant une déviatio de l'essieu arrière aura constamment **tendance** à dériver vers le **côté opposé** à celui d'où provient la déviatio de l'essieu arrière ; de même, l'usure de la bande de roulement des pneus se fera de façon irrégulière.

Retard des roues avant

Il s'agit de la distance d'une **roue déplacée** vers l'avant ou vers l'arrière par rapport à l'**autre roue** du même essieu avant.

Lorsque l'essieu arrière présente une déviatio, le véhicule tend à dériver continuellement. Pour compenser cette irrégularité, le conducteur doit constamment orienter les roues.





Le retard de l'une des roues avant donne lieu à ce que le véhicule ait tendance à virer.

Cela donne lieu à un angle de dérive de l'essieu avant que l'on appelle "set-back". Cet angle est mesuré en degrés.

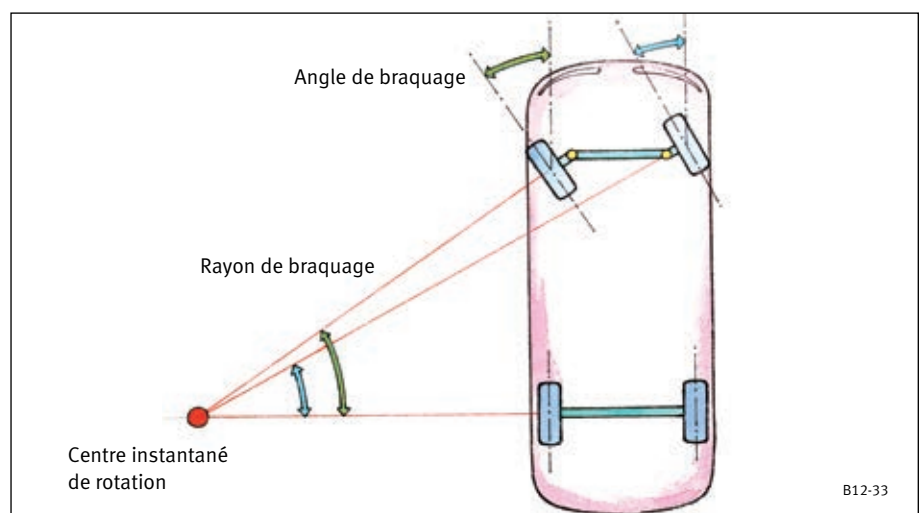
Cela donne lieu à une **dérive constante** du véhicule pendant la marche, vers le **côté** d'où provient la **dévi**ation lorsque la déviation se situe dans l'essieu avant, et vers le côté opposé lorsque qu'elle se situe dans l'essieu arrière, de même qu'à une usure irrégulière de la bande de roulement des pneus.

Angle et rayon de braquage

L'**angle de braquage** est formé par les prolongements des **axes des roues directrices** et le prolongement de l'essieu arrière lorsque le véhicule prend un virage. Cet angle est toujours mesuré en degrés.

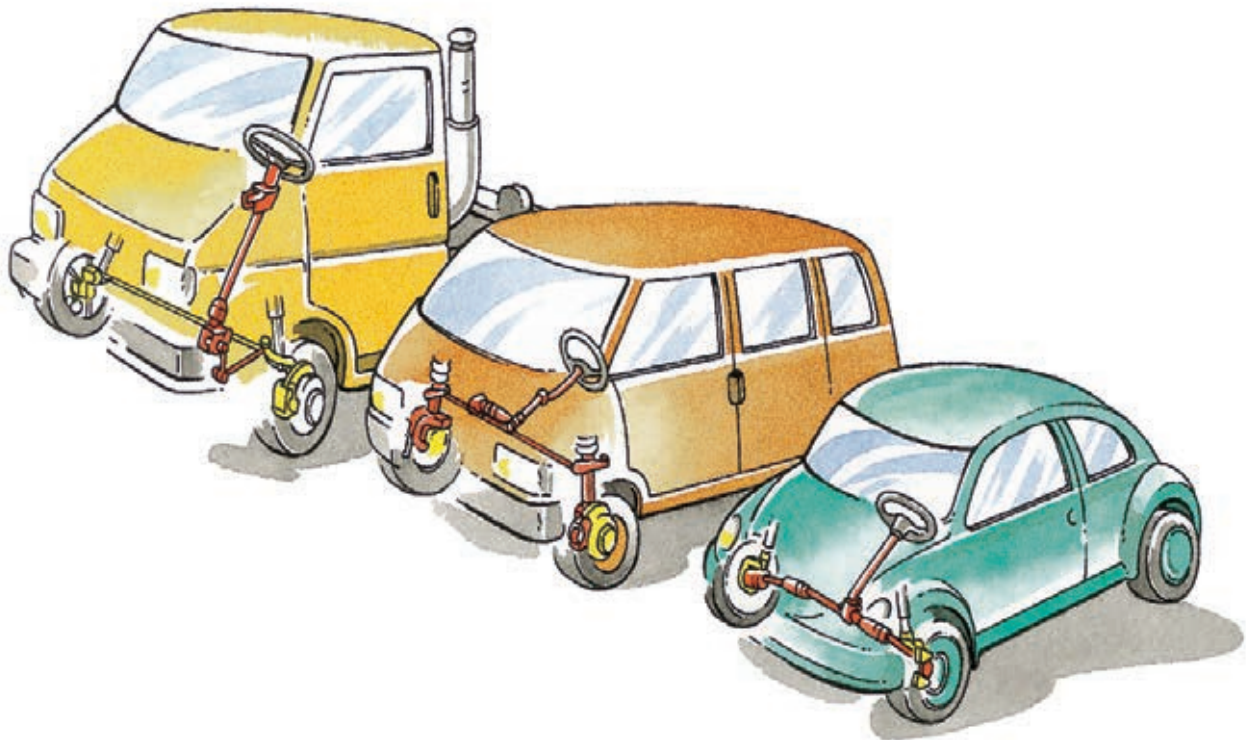
Sa finalité est de faire en sorte que toutes les roues tournent par rapport à un point unique que l'on appelle **centre instantané de rotation**. Quant au **rayon de braquage**, il s'agit du rayon minimum que décrit la roue arrière intérieure dans un virage.

Le rayon de braquage de la roue intérieure est moins grand que celui de la roue extérieure, mais son angle de braquage est plus grand que celui de cette dernière.



“La combinaison de différents types de composants, aussi bien mécaniques qu'hydrauliques, pneumatiques ou électriques, détermine la structure caractéristique d'une direction”.

SYSTÈMES ET COMPOSANTS DE LA DIRECTION



B12-34

Les directions simples et les directions assistées intègrent des composants mécaniques communs et se différencient essentiellement par les composants de l'assistance.

L'étude de la direction demande à faire la distinction entre ses composants et ses différentes configurations ou structures.

Composants

Ils faut en distinguer deux types : les composants mécaniques et ceux étant spécifiques à l'assistance.

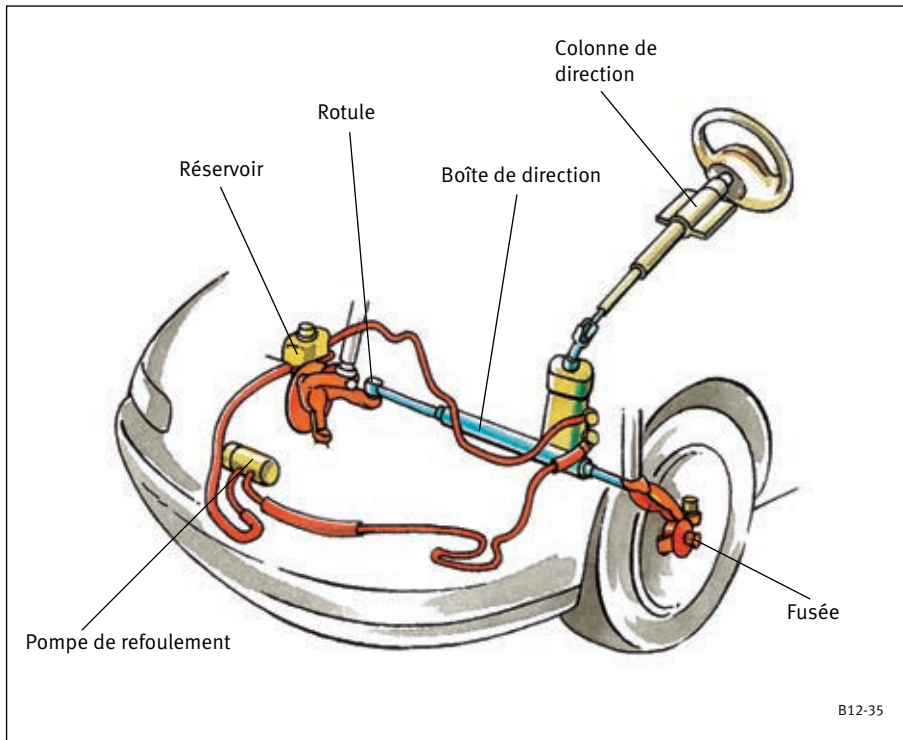
Les **composants mécaniques** remplissent la fonction de transmettre le braquage que le conducteur applique sur le volant aux roues, de façon à les orienter.

Ils sont toujours présents, indépendamment du fait que la direction soit ou non assistée.

Les **composants de l'assistance** sont ceux qui interviennent dans l'obtention et l'utilisation d'une source d'énergie supplémentaire, aidant le conducteur à braquer les roues.

Structure

En fonction des composants utilisés et de leur disposition, on obtient différentes configurations, regroupées de la façon suivante :



- simples ou sans assistance,
- et avec assistance.

Directions simples

Ce sont celles dans lesquelles le **conducteur** apporte la **totalité** du **couple de force** pour orienter les roues.

Elles utilisent les **avantages** d'offrir deux **engrenages** et une **tringlerie** pour multiplier la force à appliquer par le conducteur et remplissent toutes les conditions requises d'une direction (sécurité, souplesse, précision, irréversibilité).

Directions assistées

Elles sont construites à partir d'une direction simple à laquelle est accouplé un système qui peut être hydraulique, pneumatique ou électrique et qui apporte la force supplémentaire.

Grâce à elle, le conducteur peut **orienter** les roues en n'appliquant qu'un moindre effort sur le volant. Grâce aux assistances, la direction a besoin de moins de démultiplications. La tringlerie peut ainsi être simplifiée, ce qui améliore la précision dans le guidage et minimise le risque de dérèglements.

EN PROFONDEUR

ESP (programme électronique de stabilité)

Il s'agit d'une **fonction** assumée par la **gestion des freins** (en allemand : "Elektronisch- Stabilitäts-Programm"). Celle-ci sait lorsque le véhicule tend à survirer ou sous-virer et corrige ces déviations de la trajectoire en freinant intensément une roue. Cela engendre un couple de braquage dans le véhicule, dans le sens contraire à celui d'où provient la déviation.

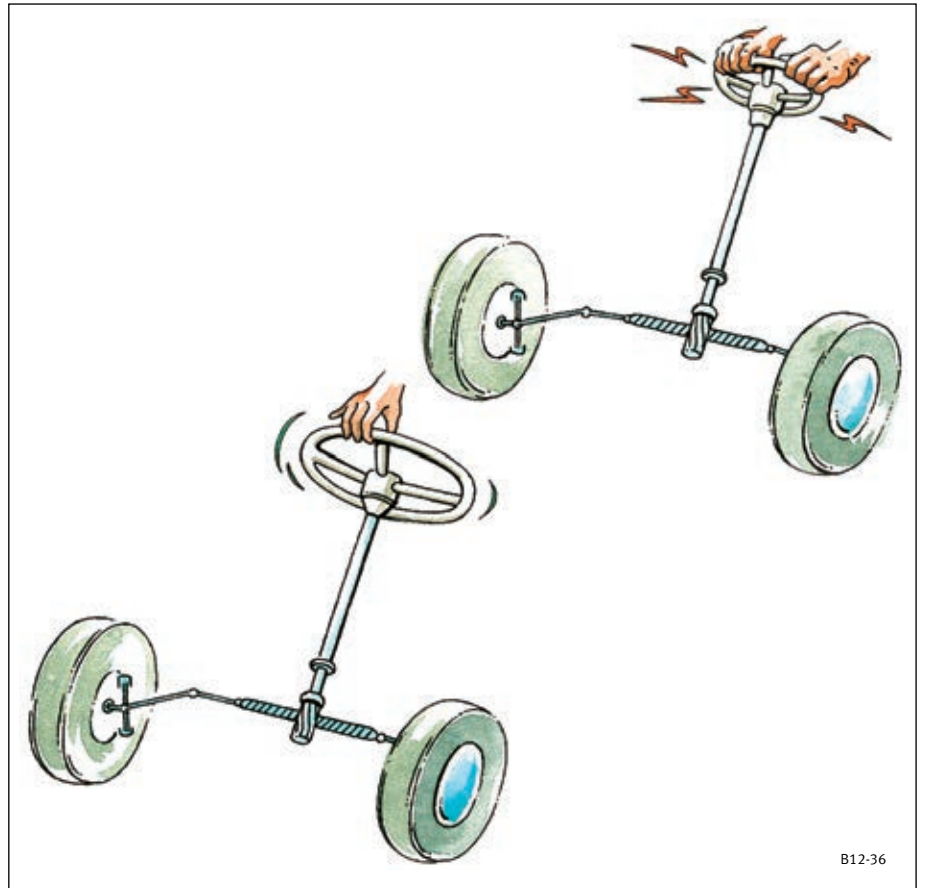
Lorsque nous avons une tendance au sous-virage, c'est la roue arrière intérieure du virage qui est freinée.

Lorsque la tendance est au survirage, la roue freinée est la roue avant extérieure du virage.

Les directions assistées intègrent les mêmes composants que ceux qu'intègre une direction mécanique, auxquels sont ajoutés les composants propres de l'assistance.

“Grâce aux articulations du cardan et des arbres articulés, la colonne de direction transmet correctement le couple de braquage, de régler la position du volant à chaque conducteur et d'augmenter le degré de sécurité active et passive”.

COMPOSANTS MÉCANIQUES : COLONNE DE DIRECTION



Le rayon du volant est une caractéristique très importante de la direction dans la mesure où celui-ci agit sur la sûreté de la direction et sur la manoeuvrabilité.

Volant

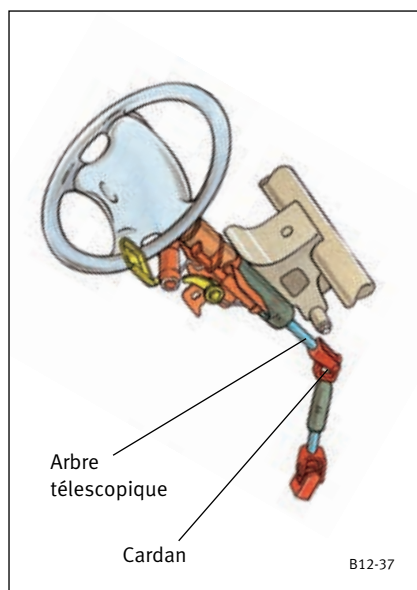
C'est l'élément d'union entre le conducteur et la direction. Il se caractérise par le fait que **plus le rayon** du volant est grand, **moins la force** à appliquer pour orienter les roues sera grande, mais par le fait qu'un certain degré de **manoeuvrabilité** sera **perdu**.

Colonne de direction

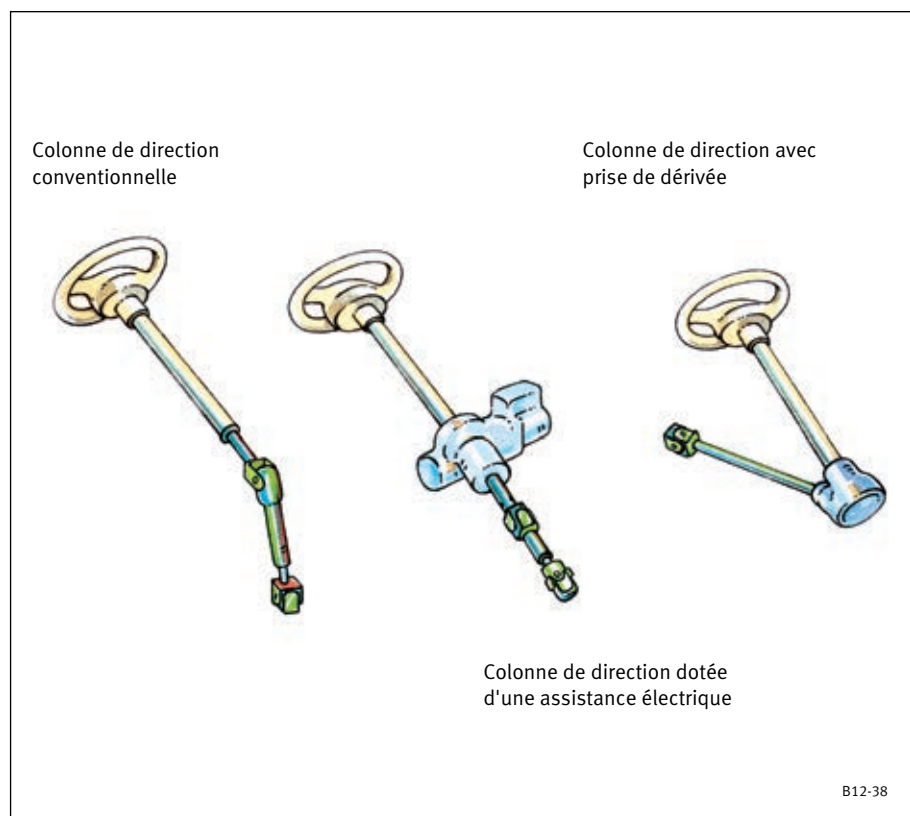
Elle a la fonction de **transmettre le couple** de force appliqué sur le volant au mécanisme démultiplicateur et, de ce dernier, celle de transmettre les sensations de contact avec la **chaussée** au volant. À l'heure actuelle, elle participe dans l'augmentation de la **sécurité passive** et dans l'**amélioration** de l'**ergonomie**.

La **rétractibilité** de la colonne minimise l'intrusion de cette dernière dans l'espace de l'habitacle réservé au conducteur en cas de choc frontal ; de même, l'emploi de cardans et d'arbres télescopiques permet le réglage du volant en hauteur et en profondeur et ainsi de compenser les écarts de distance et d'angle.

Certaines directions dotées d'une **assistance électromécanique** intègrent un moteur électrique accouplé à la colonne de la direction, qui apporte l'assistance nécessaire dans les manoeuvres.



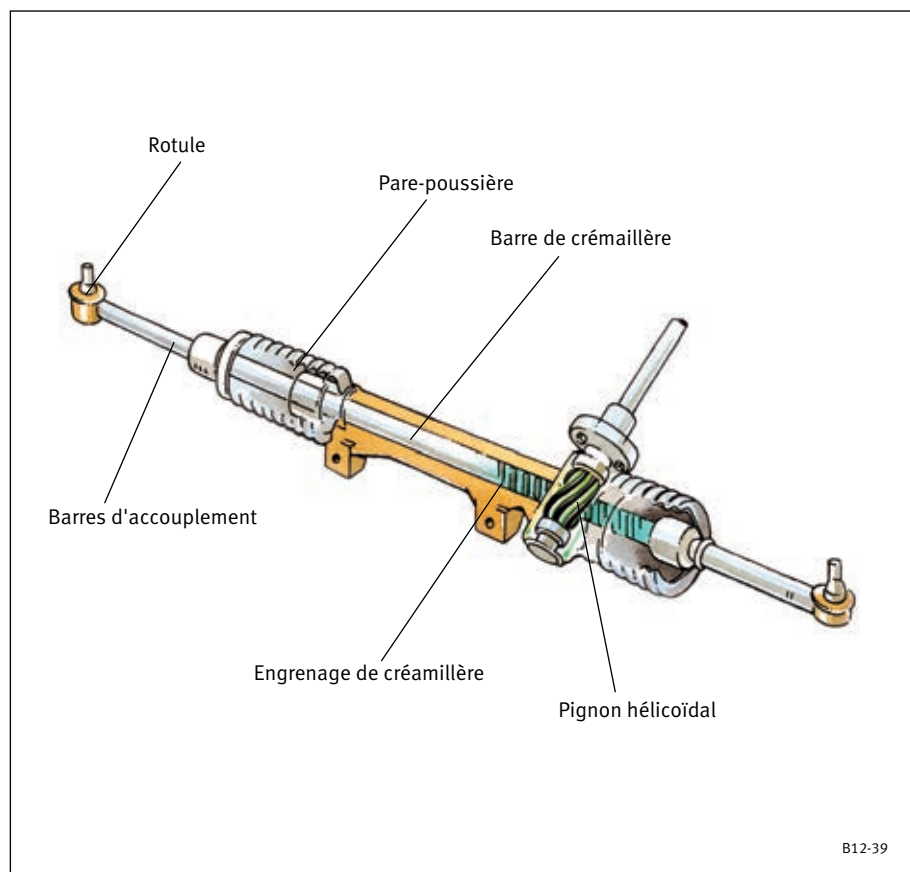
Grâce à l'emploi de colonnes rétractables, l'espace de survie du conducteur augmente en cas de choc frontal, ce qui réduit le risque de dommages corporels.



Il existe de nombreux types de colonnes selon la configuration de la direction. Elles permettent parfois au conducteur de régler le volant en hauteur et en profondeur.

“La simplicité, la fiabilité et l'efficacité de la direction à crémaillère ont fait de cette dernière le mécanisme démultiplicateur le plus utilisé dans les directions des véhicules de tourisme modernes”.

COMPOSANTS MÉCANIQUES : LA CRÉMAILLÈRE



La boîte de direction à crémaillère est formée d'une paire d'engrenages ; d'un pignon hélicoïdal et d'une denture mécanisée dans la barre de direction.

La direction à crémaillère est le **mécanisme démultiplicateur** le plus utilisé dans les véhicules de tourisme et les camions légers.

Principe de base

Elle est formée par une paire d'engrenages qui remplissent deux fonctions :
Transformer le **mouvement circulaire** provenant du volant en **mouvement linéaire**.

Et **multiplier l'effort** appliqué par le conducteur sur le volant.

Avantages

La direction à crémaillère se caractérise de part :

- Sa simplicité mécanique.
- Sa simplicité de montage, puisqu'elle est dénuée de tringlerie et de renvois compliqués.
- Sa facilité d'accouplement à tout type d'assistance.
- Sa haute précision dans le déplacement angulaire des roues, apportant une plus grande souplesse dans les tournants et une rapidité de récupération plus élevée.

Composants

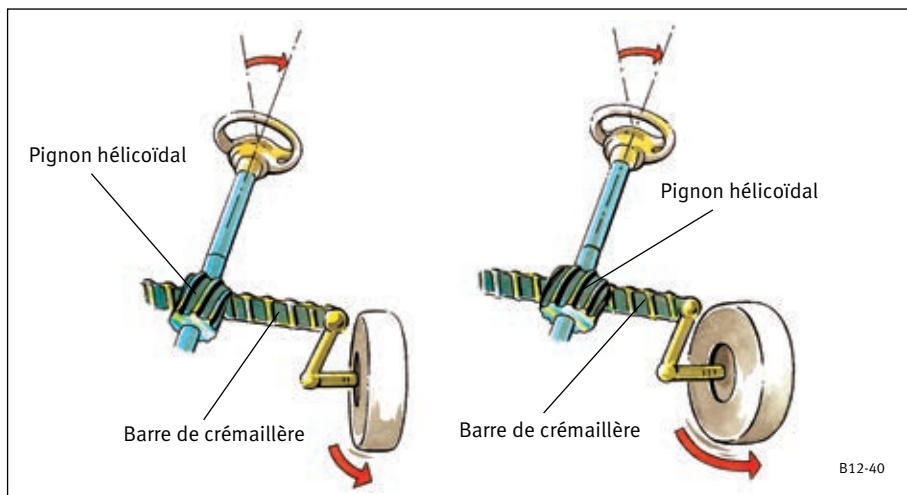
Les composants de base d'une direction à crémaillère sont les suivants :

- un pignon hélicoïdal
- une barre de crémaillère
- et deux barres d'accouplement.

Fonctionnement

La colonne de direction est unie au pignon hélicoïdal, qui s'engrenne à la barre de crémaillère.

Lorsque le pignon tourne, la barre de crémaillère se déplace dans le sens axial.

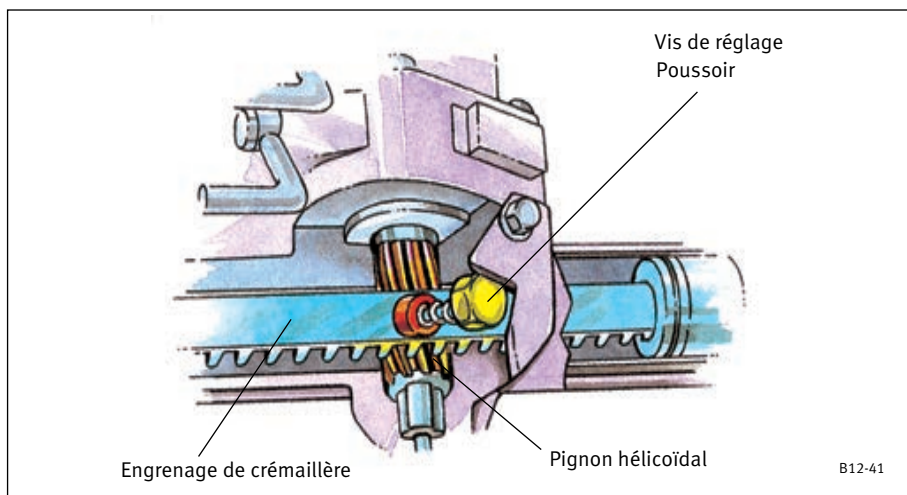


Une barre d'accouplement est vissée à chaque extrémité de la barre de crémaillère. C'est ainsi que les mouvements sont transmis au reste de la fusée afin d'orienter les roues. Le braquage des roues sera plus ou moins grand pour un même braquage du volant en fonction du **rapport de démultiplication** des deux engrenages (pignon, crémaillère). Ce rapport variera sur chaque véhicule, en fonction du frottement

du pneu sur le sol, du poids supporté par la roue et de la présence ou non de l'assistance. La finalité est d'obtenir une manoeuvrabilité aisée.

Réglage

Il s'agit de régler la pression d'**attaque** du pignon hélicoïdal sur la barre de crémaillère au moyen de la vis de réglage, afin d'éliminer le jeu existant entre les dents.



EN PROFONDEUR

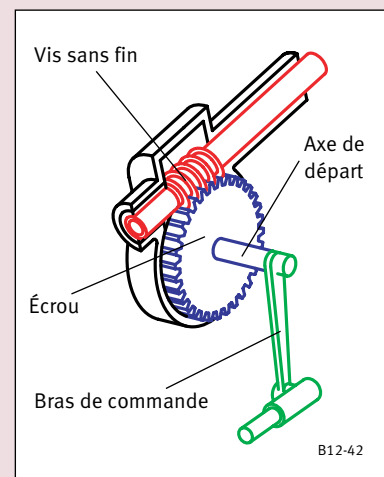
Direction à vis

C'est un mécanisme qui est tombé en désuétude en raison de sa complexité et du fait d'impliquer un plus grand risque de jeux.

Son **fonctionnement** est basé sur le principe d'une vis sans fin. Il consiste dans une barre filetée (vis sans fin) unie à la colonne de direction. Le rapport de démultiplication est obtenu grâce à l'introduction du filetage de cette vis dans l'écrou.

En tournant, la vis entraîne le déplacement axial de l'écrou (qui ne peut tourner) sur le filetage.

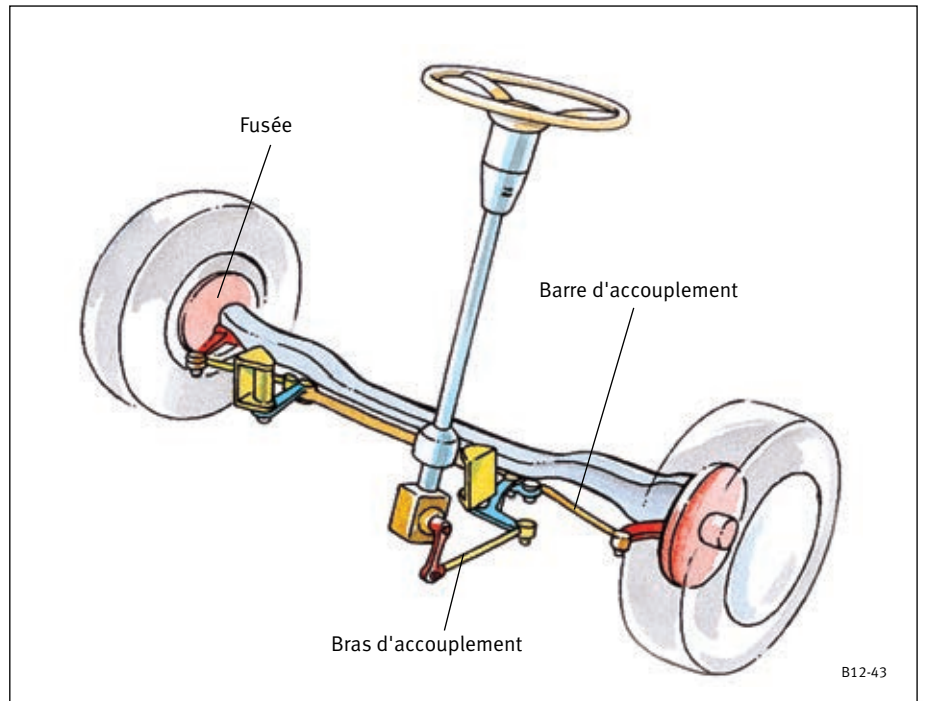
Ce mouvement provoque la rotation de l'axe de départ dans le sens de la manoeuvre effectuée. La tringlerie est alors actionnée par le bras de commande pour le braquage des roues.



En serrant la vis de réglage, le poussoir opprime l'engrenage de crémaillère contre le pignon hélicoïdal et élimine le jeu existant entre les dents.

“Les mouvements longitudinaux de la barre de direction sont transmis aux roues par la tringlerie et les fusées”.

COMPOSANTS MÉCANIQUES : TRINGLERIE ET FUSÉE



Les formes et tailles des rotules sont très variées et dépendent aussi bien du type de direction que du véhicule sur lequel elles sont montées.

Pour que le mouvement linéaire de la barre de crémaillère entraîne la rotation des fusées des roues, il est nécessaire de disposer d'une tringlerie capable de transmettre les dits mouvements.

Tringlerie de la direction

Ce sont tous les **éléments** qui **transmettent** le **mouvement** de la barre de crémaillère aux roues et qui **absorbent** les **réactions** engendrées par les vibrations de la suspension, en empêchant celles-ci d'arriver au volant.

Leur forme et leur nombre varient en fonction du véhicule, les plus importants étant les suivants :

Barres d'accouplement

Elles transmettent la rotation par des mouvements de tirage et de poussée.

Elles sont dotées d'une articulation qui permet de compenser les oscillations de la suspension sans conséquences pour la direction. Cette articulation est protégée de la saleté grâce à un pare-poussière.

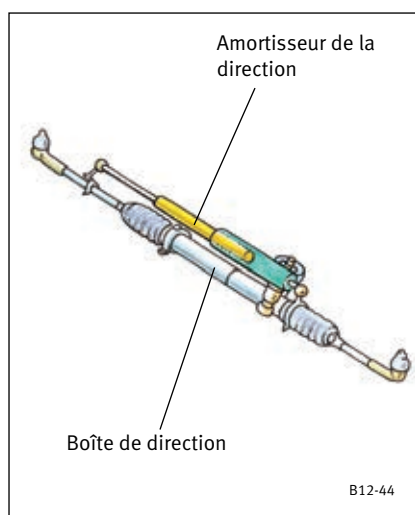
Rotule

Il s'agit d'un **composant élastique** et d'union entre les éléments de la tringlerie et qui travaille essentiellement comme point d'articulation, bien qu'il absorbe aussi les

changements de position et de produits par l'incidence du sol. Le parallélisme des roues avant est réglée grâce à une union visée et réglable dont sont dotées la barre d'accouplement et la rotule.

Amortisseur de direction

Il absorbe les vibrations et les brusqueries auxquelles est soumise la crémaillère. Il est utilisé dans les véhicules dont le couple moteur est élevé.



EL'amortisseur de la direction est uni à la boîte de direction à l'une de ses extrémités et à l'une des barres d'accouplement à l'autre.

Biellette

Il s'agit de deux barres d'accouplement un peu spéciales parce qu'en général, elles font partie des fusées, mais que, dans le passé, il s'agissait de pièces indépendantes.

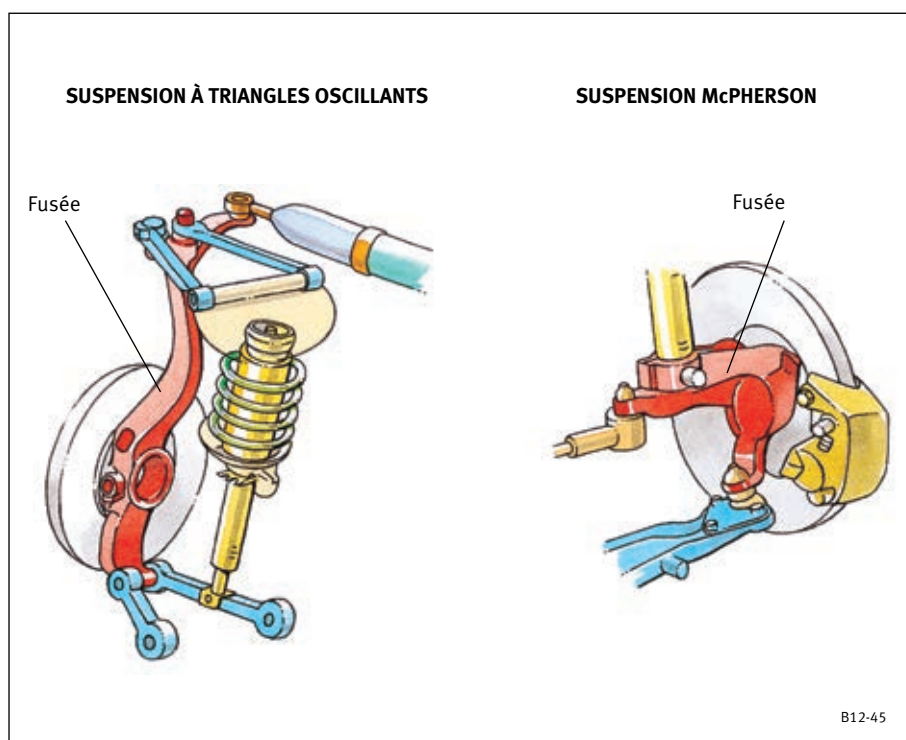
Leur géométrie **joue** sur la bonne orientation des roues dans la mesure où elles sont les pièces principales du **trapèze de la direction**.

Fusée

Il s'agit de l'**axe** sur lequel la **roue** est montée et sur lequel agit la direction pour orienter les roues.

Parmi les composants de la direction, la fusée est celui qui a le plus d'**influence** sur les angles de **pivot**, de **carrossage** et de **chasse**.

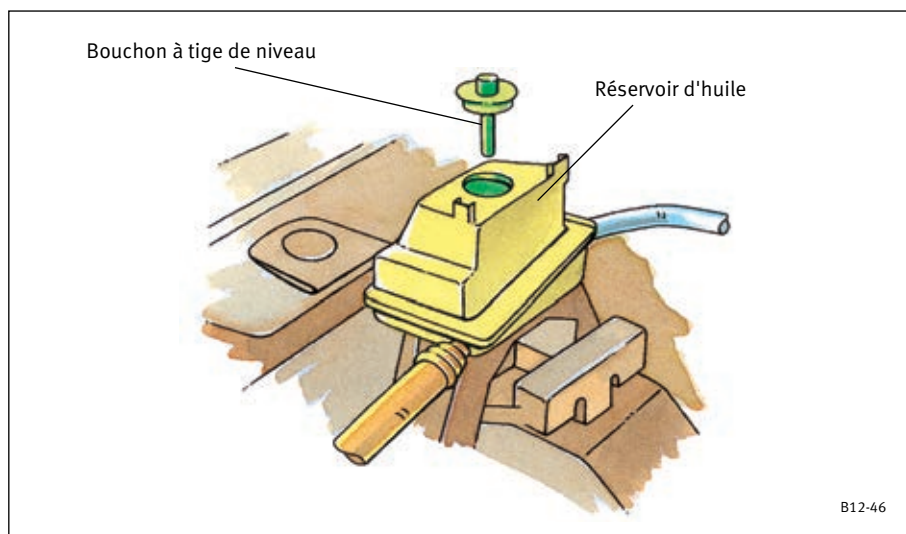
Une déformation ou un mauvais montage de la fusée peut être à l'origine d'une variation de l'un quelconque des angles de la roue.



“Les directions dotées d'une assistance hydraulique utilisent une série de composants essentiels pour la création, la transmission et la transformation de la force produite par la pression de l'huile en une force d'aide au conducteur”.

COMPOSANTS DE L'ASSISTANCE : CIRCUIT HYDRAULIQUE

Le réservoir d'huile dispose d'un goulot de remplissage et de marques de niveau sur le bouchon.



Le fonctionnement de l'assistance hydraulique demande la présence de différents éléments.

devant être maintenu entre les limites maximum et minimum.

Les tuyauteries unissent non seulement les différents composants hydrauliques, mais remplissent aussi d'autres fonctions, comme celle du refroidissement ou de la variation des distances.

Réservoir

Il contient un **reste d'huile** hydraulique nécessaire au bon fonctionnement du circuit, celui-ci

Tuyauteries

Elles servent à l'union hydraulique de tous les composants du circuit et sont de trois types :

Tuyauterie d'aspiration

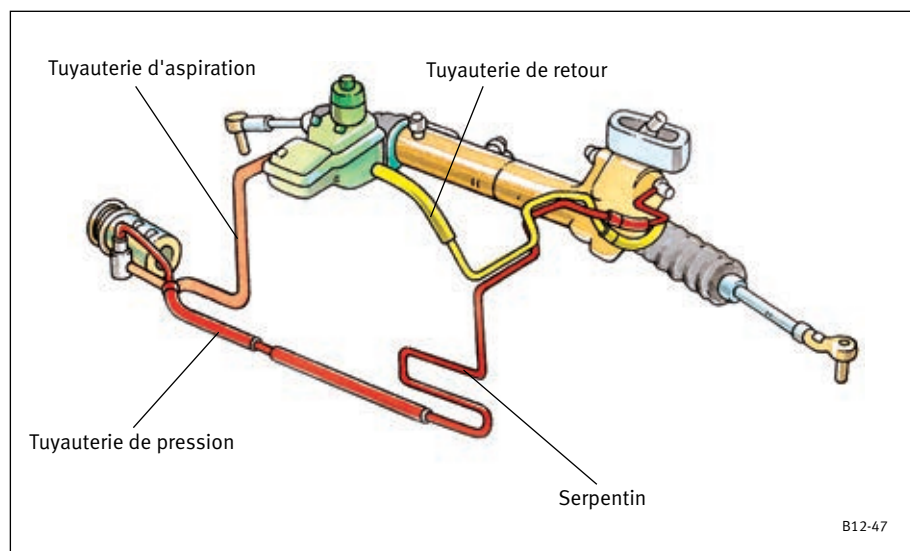
Elle unit le réservoir à la pompe de refoulement, de façon à **fournir** d'huile nécessaire à cette dernière.

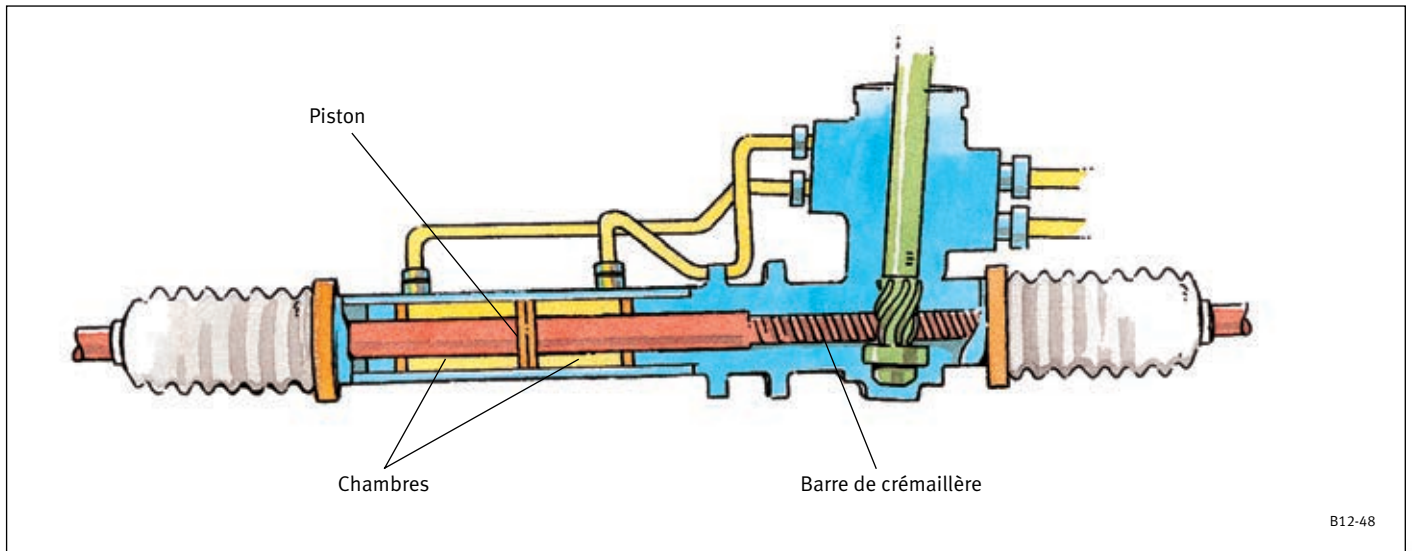
Tuyauterie de pression

Elle conduit l'**huile sous pression** de la pompe à l'unité hydraulique. Elle prend parfois la forme d'un serpent; cela lui donne une plus grande surface pour le refroidissement de l'huile.

Tuyauterie de retour

L'**excès d'huile** dans l'unité de commande hydraulique est conduit jusqu'au réservoir en l'absence presque totale de pression.





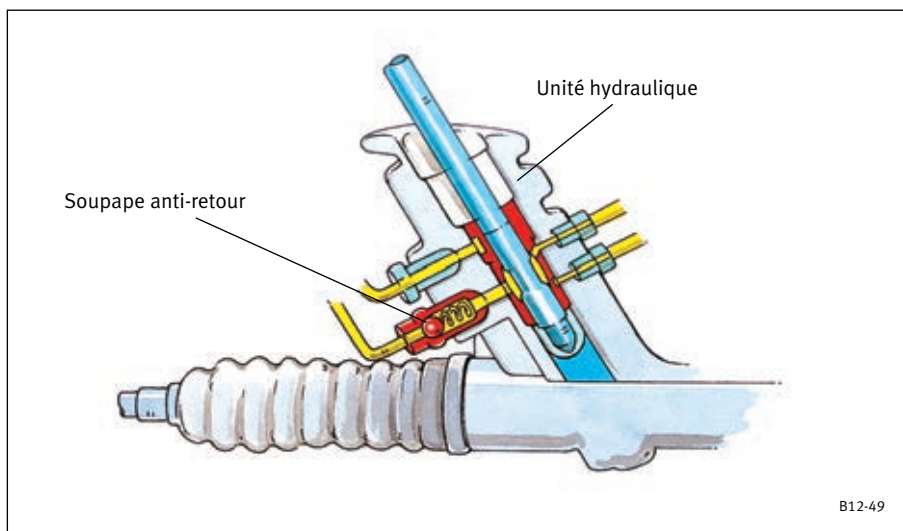
Cylindre de travail

Il s'agit d'un cylindre à **double effet**, puisque le piston reçoit de la pression des deux côtés. Le corps est le carter de la boîte de direction, alors que le piston est intégré à la barre de la crémaillère elle-même.

Soupape anti-retour

Elle est située dans la tuyauterie de pression et empêche les effets de **rétroaction** provoqués par des forces externes appliquées sur la direction (nids de poule, pierres, etc.).

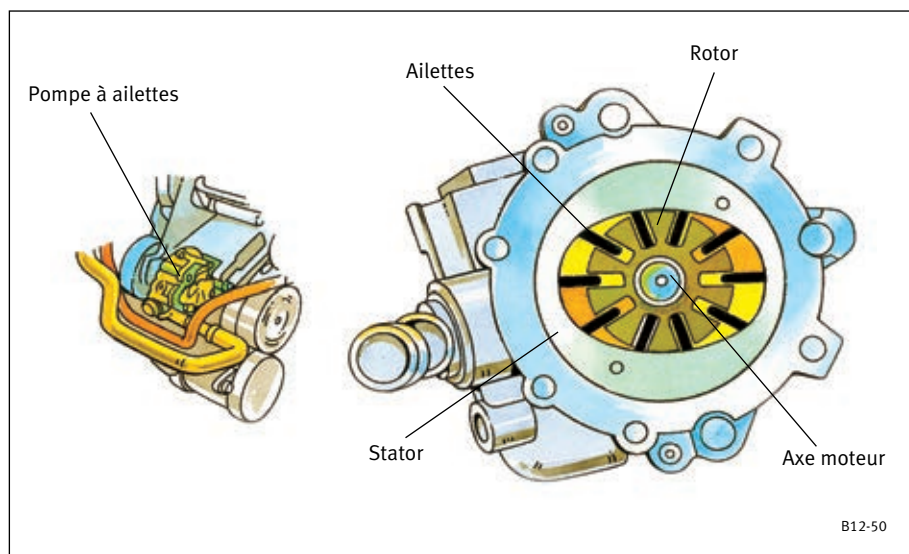
Lorsqu'une différence de pression existe entre les chambres du cylindre de travail, le piston se déplace et entraîne la barre de crémaillère dans sa course.



La soupape anti-retour est montée sur la tuyauterie d'alimentation de l'unité hydraulique.

“La pompe est un composant exclusif des directions dotées d'une assistance hydraulique et est chargée de créer la pression d'huile qui aidera le conducteur à braquer les roues”..

COMPOSANTS DE L'ASSISTANCE : POMPE DE REFOULEMENT



En tournant, les ailettes absorbent et compriment l'huile dans les chambres de pression pour ensuite augmenter la pression dans le circuit.

Il existe de nombreux types de pompes permettant de **créer** la **pression** d'huile nécessaire dans le circuit de la direction.

Les plus communes sont les pompes à ailettes, les pompes à engrenages et les pompes à pistons. Aucune d'elles n'ont besoin d'entretien ou de réparation.

Les pompes peuvent être **actionnées** soit par le **moteur** du **véhicule**, grâce à une courroie nervurée, soit par un **moteur électrique** géré de façon électronique.

Pompe à ailettes

Le **rotor** est uni à l'axe moteur et porte des rainures où viennent loger les **ailettes**, dont le jeu n'est qu'axial.

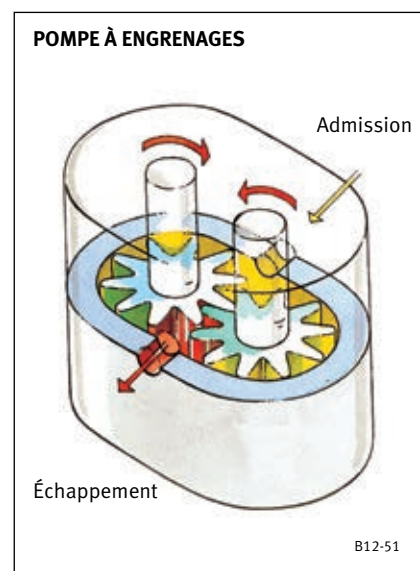
Quant à la face intérieure du **stator**, celle-ci est usinée en forme d'ellipse. La position du rotor à l'intérieur du stator crée **deux chambres de pression**. Chaque groupe d'ailettes aspire l'huile (deux fois par tour) des rainures d'aspiration, situées sur les **couvercles frontaux**.

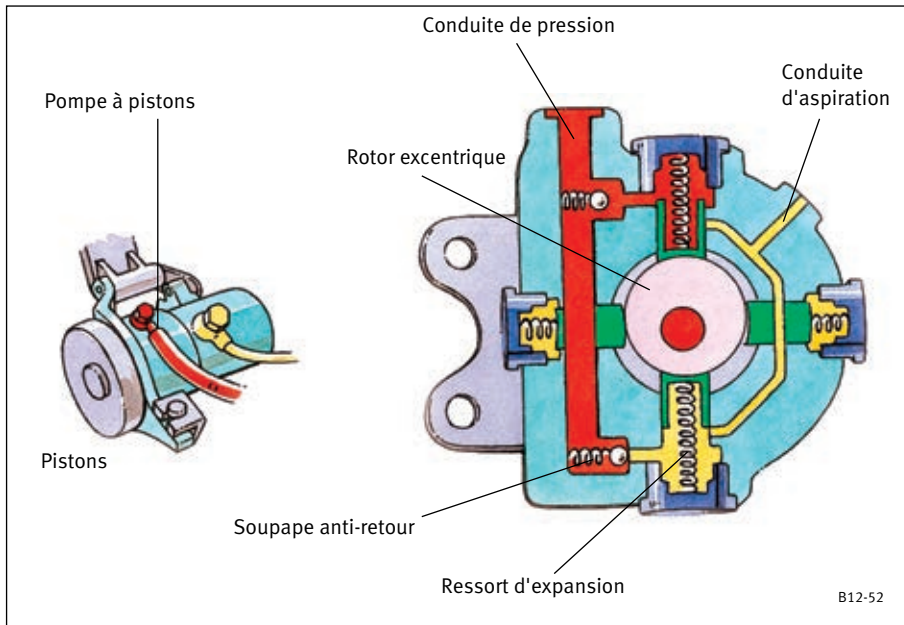
À mesure que le rotor avance, l'huile est comprimée jusqu'à atteindre la chambre de pression, puis est conduite au circuit à travers les rainures de pression.

La pression créée dépend de chaque véhicule, mais oscille entre 70 et 100 bars.

Pompe à engrenages

Elle est composée de deux engrenages, l'un d'eux recevant le mouvement de l'extérieur.





La pompe à pistons se caractérise par le fait de fournir un débit élevé à de hautes pressions.

En tournant, ils aspirent l'huile de la tuyauterie d'aspiration, comprime ce dernier et le font passer côté pression du circuit.

Pompe à pistons

L'**axe moteur** et le **rotor excentrique** forment un ensemble solidaire. Le rotor supporte le groupe de **pistons**. Tous les pistons fonctionnent de la même façon.

En position de **repos**, le ressort d'expansion pousse le piston vers le rotor excentrique de sorte que la conduite d'**aspiration** reste **ouverte** et que l'huile soit aspirée vers l'intérieur du piston.

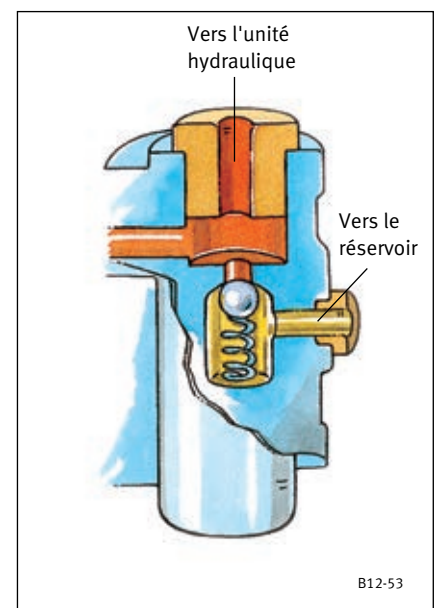
À mesure que le rotor tourne, le piston se **comprime** et la conduite d'aspiration se ferme.

Lorsque la pression maximale est atteinte (environ 150 bars), la soupape anti-retour s'ouvre pour laisser passer l'huile dans la tuyauterie de pression.

Limiteur non asservi

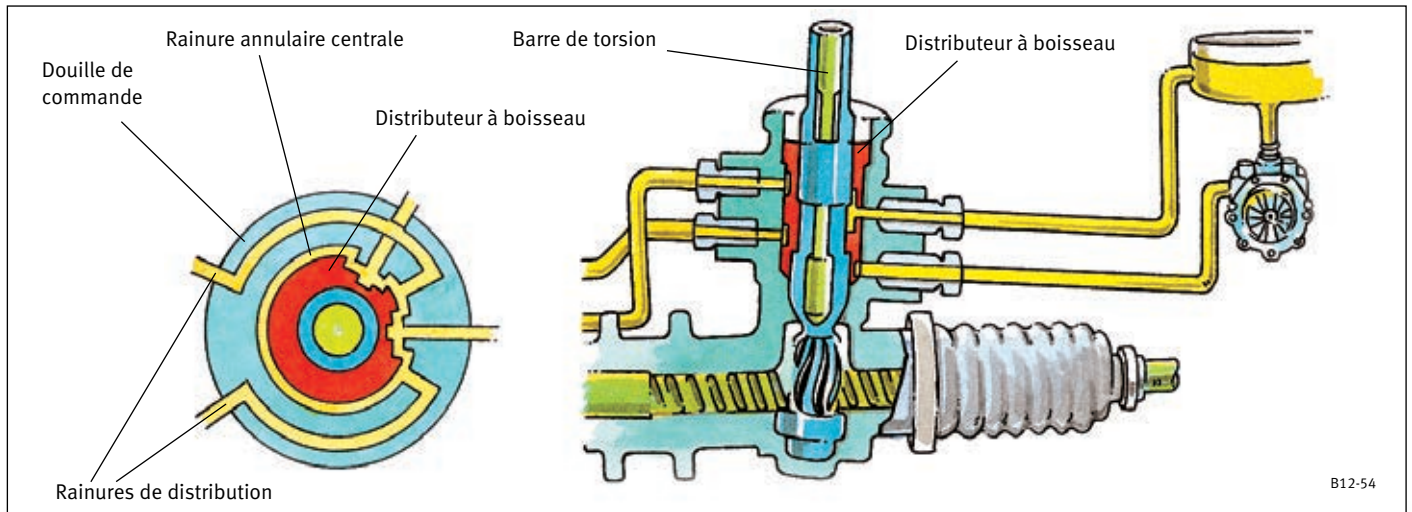
Il est monté à l'intérieur de la pompe. Il s'agit d'une **soupape de sûreté** qui s'ouvre lorsque la pression d'huile dans le circuit dépasse la limite. En s'ouvrant, elle laisse passer l'huile, qui est ainsi déviée vers la tuyauterie d'aspiration de la pompe.

Le limiteur non asservi est toujours situé à l'intérieur de la pompe et empêche que la pression maximale ne soit dépassée dans le système.



*“Elle se loge à l'intérieur de la boîte de direction,
vers le pignon hélicoïdal, et sa fonction est de distribuer
la pression d'huile lorsque le conducteur agit sur le volant”.*

COMPOSANTS DE L'ASSISTANCE : UNITÉ HYDRAULIQUE



Au repos, la pression est pratiquement inexistante dans le circuit hydraulique, puisque tout le débit revient facilement au réservoir.

Les unités hydrauliques les plus communes sont celles à crémaillère et la Servotronic.

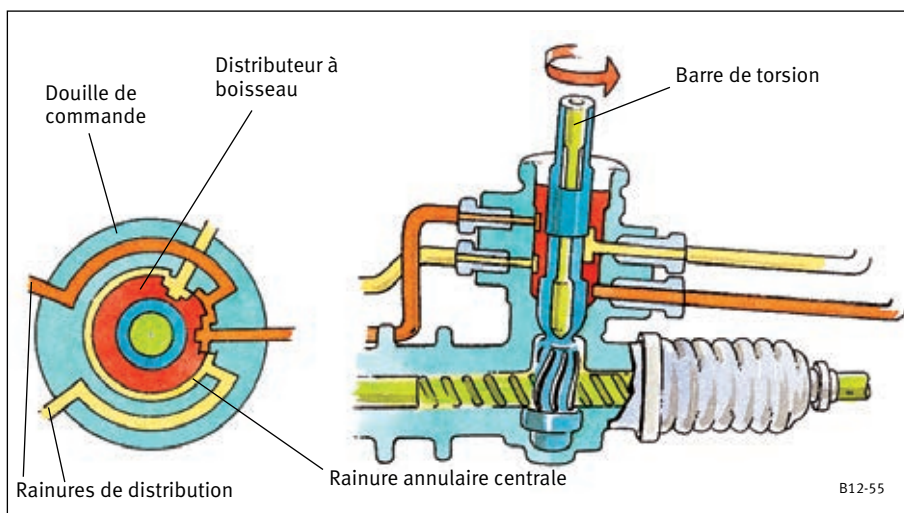
Unité hydraulique à crémaillère

Elle se compose essentiellement d'un distributeur à boisseau, d'une barre de torsion et d'une douille de commande.

L'une des extrémités de la barre de torsion est unie à la colonne de direction et l'autre, au pignon hélicoïdal. Le **distributeur à boisseau** tourne de façon solidaire avec la colonne de direction et se comporte telle une vanne, qui permet aux différents orifices de la douille de commande de communiquer entre eux, en fonction de la position de cette dernière. Lorsque le véhicule circule en **ligne droite**, la barre de torsion est au repos et le distributeur à boisseau est en position neutre, de sorte que l'huile circule presque sans pression à travers toutes les rainures pour aller jusqu'au réservoir.

Lorsque le **volant est braqué**, la barre de torsion se “tord” et entraîne un déplacement du distributeur à boisseau, de même qu'un **décalage** entre la **douille de commande** et le **distributeur à boisseau**, de sorte que ce dernier permet l'entrée provenant

Dans les virages, la barre de torsion se tord et décale ainsi la position du distributeur à boisseau pour que la pression d'huile arrive à l'une des chambres du cylindre de travail.

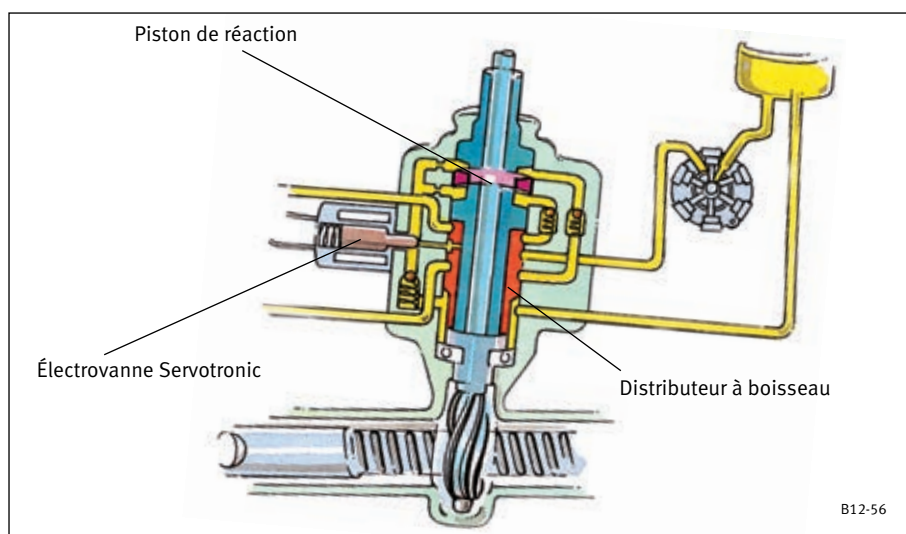


de la pompe de communiquer avec la sortie vers l'une des chambres du cylindre de travail et le retour avec l'autre chambre.

Unité hydraulique Servotronic

Indépendamment de la **distribution** de la **pression** d'huile, elle est capable de faire **varier** le degré d'**assistance** de la direction, en **fonction** de la **vitesse** du véhicule. La distribution de l'huile se fait exactement de la même façon qu'avec l'unité hydraulique à crémaillère. L'innovation réside dans le **piston de réaction**.

Ce piston se déplace axialement, en fonction de la pression hydraulique qu'il reçoit de chaque côté et qui est contrôlée par une **électrovanne**.

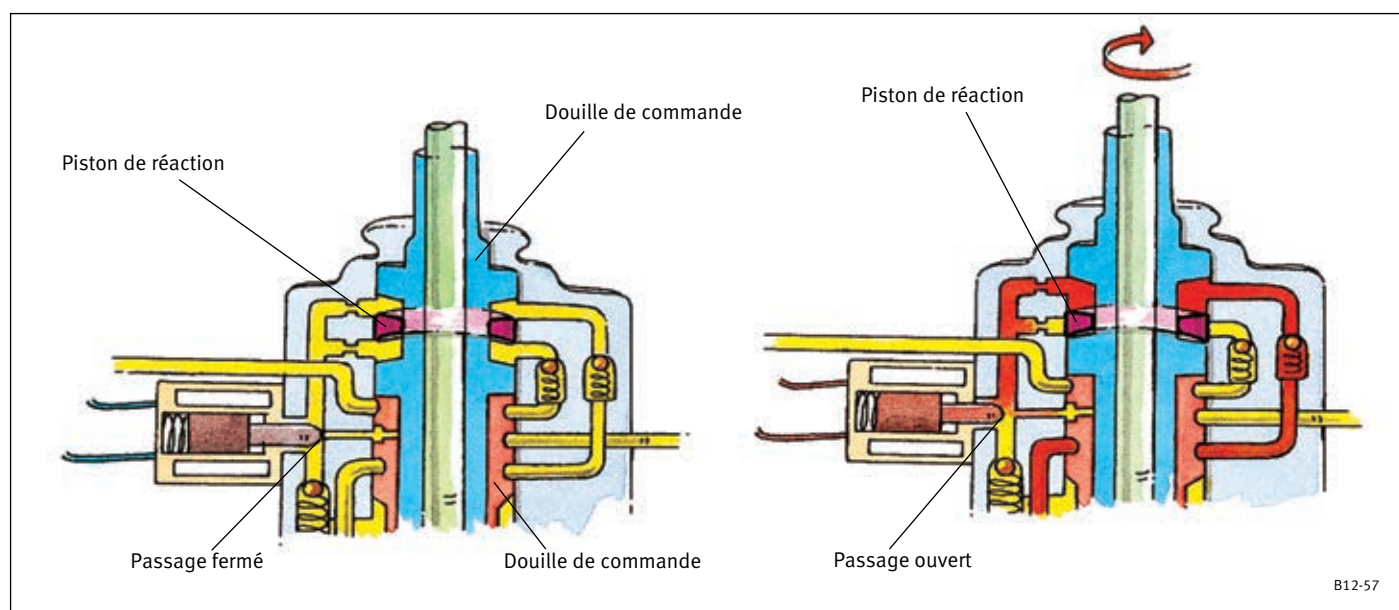


Si le piston de réaction ne se déplace pas, la direction est **souple** (conduite à de petites vitesses).

Si le piston de réaction s'enclave, le conducteur doit produire un **plus grand effort** pour tourner le volant (à de grandes vitesses).

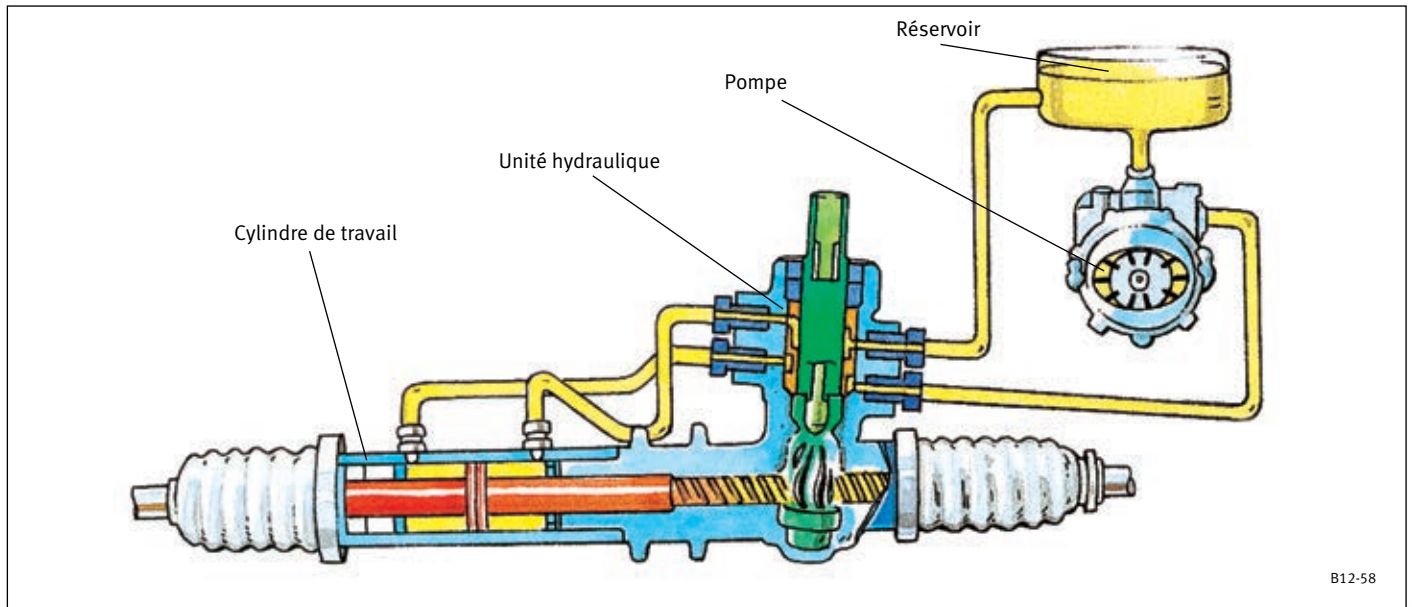
Le comportement de la Servotronic à de petites vitesses est le même que celui d'une assistance normale.

Lorsque l'on circule à grande vitesse, l'électrovanne est excitée et le système apporte moins d'assistance.



“Ce sont les directions que le couple de braquage complémentaire à celui du conducteur a apporté grâce à de l'huile à pression”..

DIRECTIONS AVEC ASSISTANCE HYDRAULIQUE



L'assistance de la direction hydraulique est constante, indépendamment de la vitesse instantanée du véhicule.

Ce sont des **directions simples** auxquelles un **circuit hydraulique** a été ajouté de façon à apporter l'effet d'**assistance**. Elles sont actionnées en faisant bouger le volant. En fonction de la configuration des composants, elle peut être :

- Hydraulique.
- Électrohydraulique.
- Servotronic.

Hydraulique

Elle est **composée** d'un réservoir, d'une pompe de refoulement, de l'unité de commande hydraulique, du limiteur non asservi et du cylindre de travail, tous ces éléments étant unis entre eux par des tuyauteries. Cette direction se caractérise par le fait que la pompe pousse l'huile de

façon **continue** dans les deux chambres du cylindre de travail. Lorsque le conducteur braque le volant, l'unité de commande hydraulique dévie la pression vers l'une des chambres et ouvre la communication de l'autre chambre avec le réservoir.

Électrohydraulique

Elle dispose des mêmes composants que ceux de l'assistance hydraulique, à la seule différence que la pompe est actionnée par un électro-moteur géré électroniquement.

À de **petites vitesses**, l'électromoteur est excité et la **pression maximale** est générée.

À de **plus grandes vitesses**, l'excitation de l'électromoteur

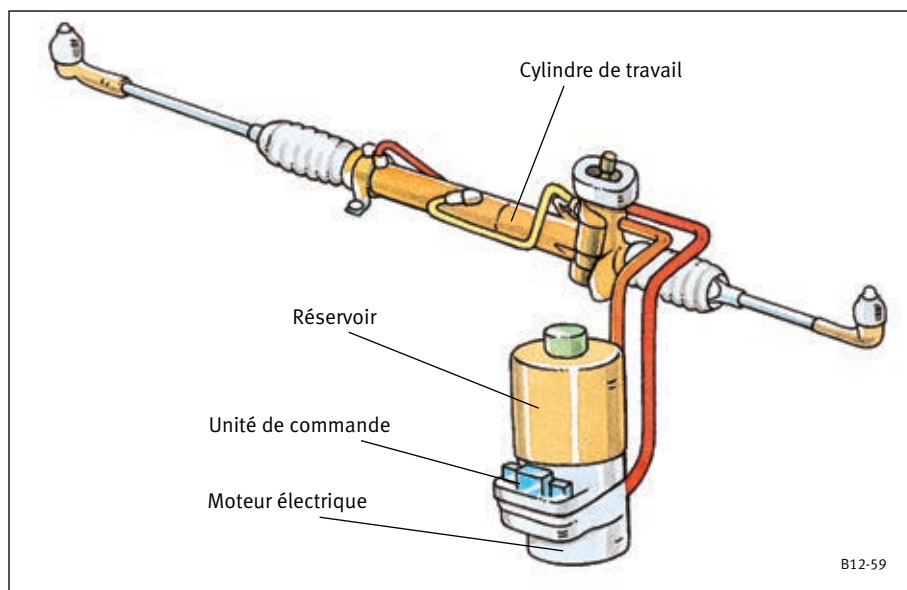
diminue, ce qui réduit la **pression** et fait diminuer l'assistance.

Servotronic

Il s'agit d'une variante de l'assistance hydraulique qui dispose d'une gestion électronique.

Elle se **caractérise** par l'apport d'un plus grand confort et d'une plus grande sécurité, puisque la **dureté** de la direction augmente avec la **vitesse**.

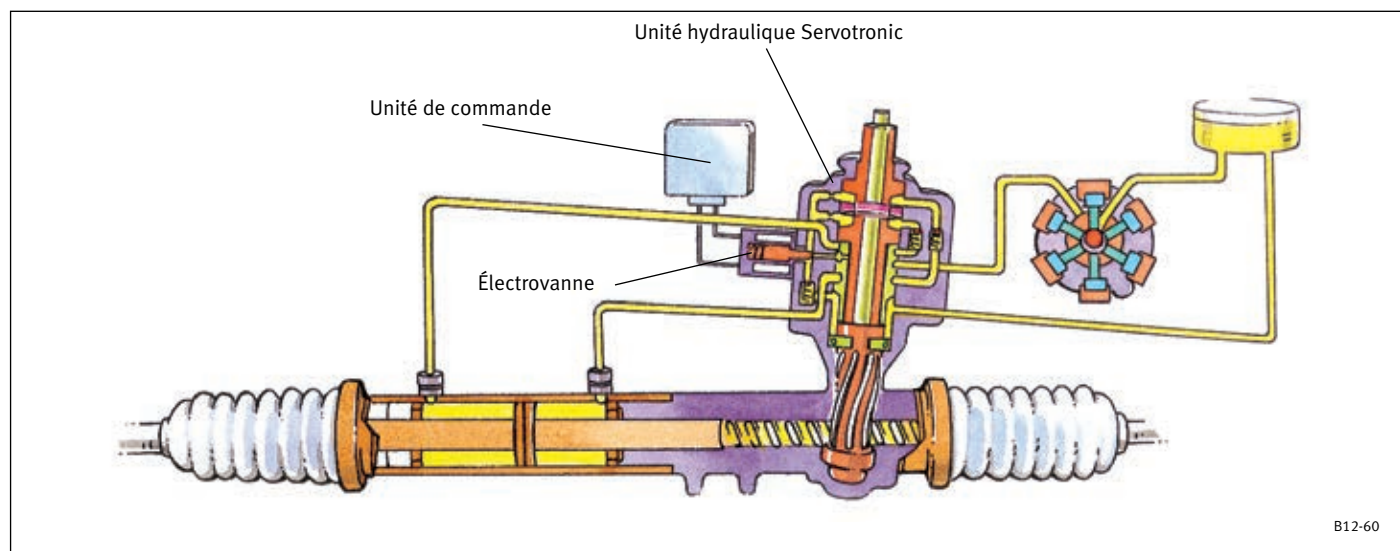
Les **composants** qui diffèrent de ceux de la servodirection hydraulique sont les suivants : la pompe à pistons, l'électrovanne, l'unité hydraulique Servotronic et l'unité de commande. L'unité de commande excite l'électrovanne pour réguler le passage de l'huile et enclaver le piston, ce qui requiert un plus grand effort pour braquer le volant. En-dessous de **20 km/h**, l'assistance est maximale.



Entre **20 et 190 km/h**, la direction modifie l'assistance en faisant augmenter la résistance au braquage proportionnellement à la vitesse. Et, au-dessus de **190 km/h**, la résistance maximale au braquage est atteinte.

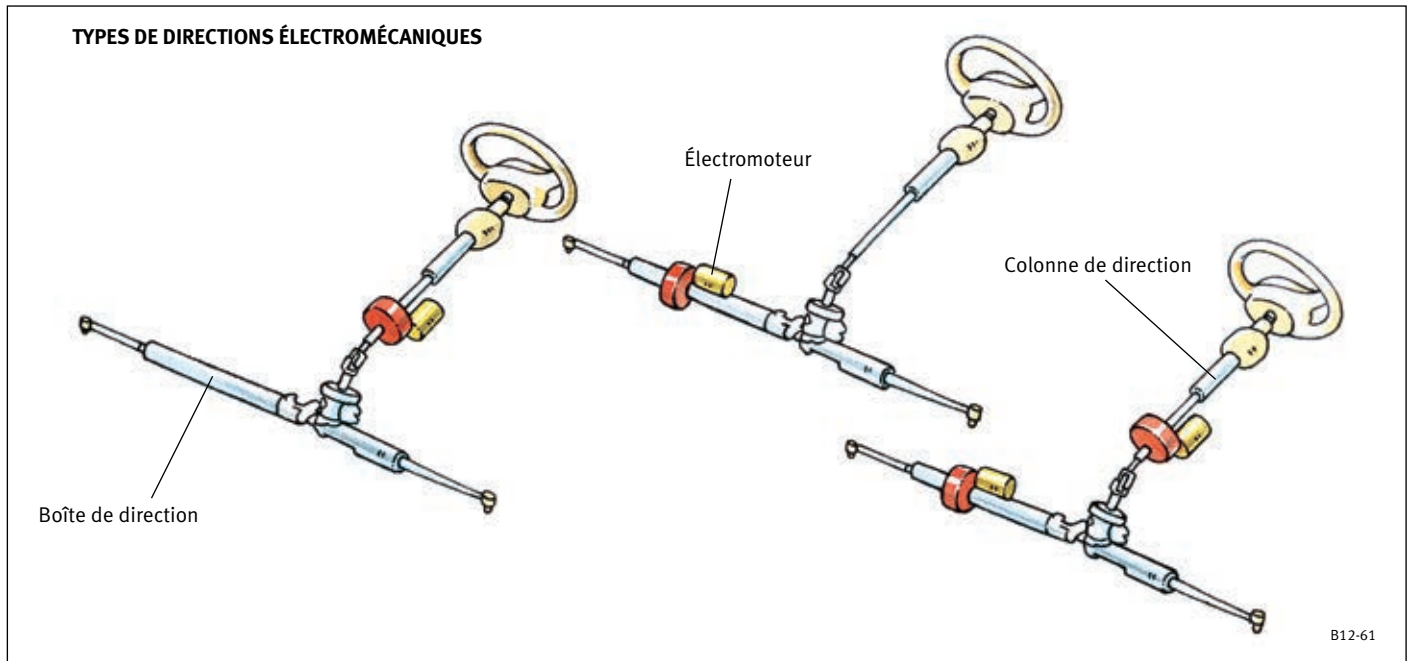
L'électropompe est le composant caractéristique de la servodirection hydraulique. Son excitation est gérée par une unité de commande.

La dureté d'actionnement du volant variera en fonction de l'excitation de l'électrovanne par l'unité de commande hydraulique Servotronic.



“Il s'agit d'un type d'assistance de plus en plus utilisé en raison de sa simplicité et de son efficacité de fonctionnement”.

DIRECTIONS AVEC ASSISTANCE ÉLECTROMÉCANIQUE



Le couple de braquage supplémentaire peut être appliqué sur la colonne de direction, sur la crémaillère ou sur les deux à la fois. Cela dépend du poids supporté par chaque essieu.

Ce sont des directions dont le **couple complémentaire** est fourni par un moteur électrique accouplé à la direction, ce moteur étant géré par une électronique lui étant propre.

Les directions électromécaniques se caractérisent par :

- Une **économie de carburant** : l'électromoteur n'est excité que lorsque la servodirection le requiert.
- Le fait d'apporter le **couple** de braquage **nécessaire** à chaque moment et d'intervenir dans le retour de la direction.
- Le fait de former un **ensemble compact**, ce qui permet de réduire le câblage.
- Le fait de **transmettre** au conducteur le **comportement** du véhicule et l'état de la chaussée.

- Le fait de n'avoir aucun effet sur la **sécurité**, puisque la colonne de la direction est aussi collapsable et réglable.

Types

Elles sont classées en trois groupes, selon l'assistance requise :

- Véhicules **légers** (jusqu'à 650 kg par essieu) : l'électromoteur agit sur la colonne de direction.
- Véhicules **moyens** (jusqu'à 850 kg par essieu) : dans ce cas, l'électromoteur agit sur la crémaillère.
- Véhicules **industriels légers** ou camionnettes : ils utilisent deux électromoteurs, l'un dans la colonne de direction et l'autre, dans la crémaillère.

Composants

Ils déterminent et créent l'assistance idéale à chaque moment, les plus caractéristiques étant les suivants : le capteur du couple de braquage, le capteur de position du colant, le capteur de vitesse du véhicule, l'unité de commande et l'électromoteur.

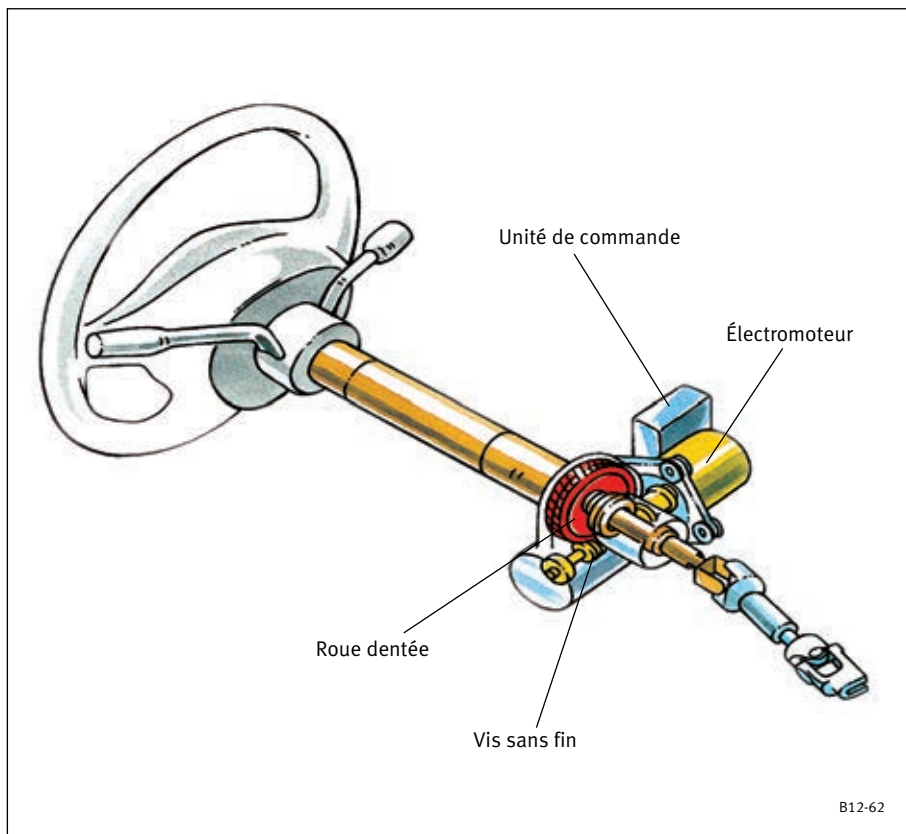
Ce dernier est de libre rotation et est excité par l'unité de commande. Uni au rotor, il dispose d'un pignon sans fin qui engrenne avec une roue dentée fixée à la colonne ou à la barre de direction.

Fonctionnement

L'unité de commande analyse constamment les signaux provenant des capteurs.

Lorsque l'unité détecte l'application par le conducteur d'un couple de braquage sur le volant supérieur à 0,01 Nm, elle reconnaît le sens et la vitesse de braquage du volant, de même que la vitesse du véhicule, et excite l'électromoteur dans une plus ou moins large mesure.

On obtient ainsi une **assistance variable** ; plus **souple à de petites vitesses** et plus **dure à de plus grandes vitesses**.



EN PROFONDEUR

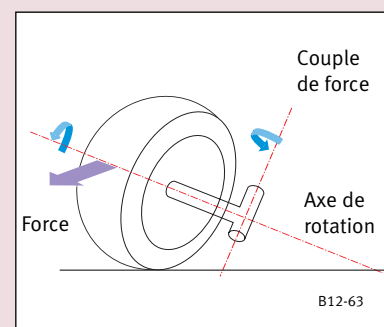
Effet gyroscopique des roues

Il s'agit d'un phénomène qui apparaît toujours sur des objets (roue, toupie, sabot, etc.) qui tournent sur leur axe qui, au début vertical, est devenu oblique.

En conséquence, une force apparaît ; cette dernière engendre un mouvement de transposition de l'objet sur un nouvel axe vertical.

Dans le cas précis d'une roue, son axe de rotation est incliné compte tenu des cotes de la direction ; cela fait naître une force qui s'applique à l'une des extrémités de la fusée et qui, à son tour, engendre un couple de force qui gêne l'orientation des roues par la direction.

Pour éviter de tels effets contraires à ceux recherchés, les angles de départ et d'arrivée sont utilisés, de même que des roues les plus légères possible.

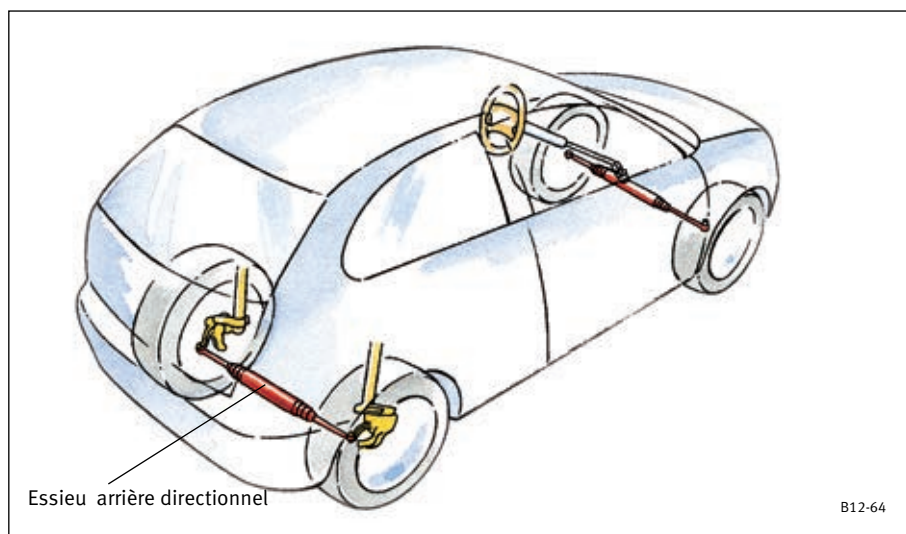


Il s'agit d'une direction compacte et légère où la plupart des composants sont regroupés dans la colonne de direction.

*“La direction aux quatre roues donne au véhicule
une plus grande stabilité de marche et améliore sa manoeuvrabilité”.*

TRAIN ARRIÈRE DIRECTIONNEL (4WS)

*Le système de direction dans le train avant
peut être de tout type, alors que dans le train
arrière, l'électrimécanique est la plus
commune.*



*La directionnabilité des roues arrière fait
varier la géométrie de la direction en fonction
des besoins de chaque moment.*

La direction aux quatre roues, 4WS,
présente la particularité d'orienter
les roues arrière dans le même sens
ou dans le sens contraire à celui des
roues avant.

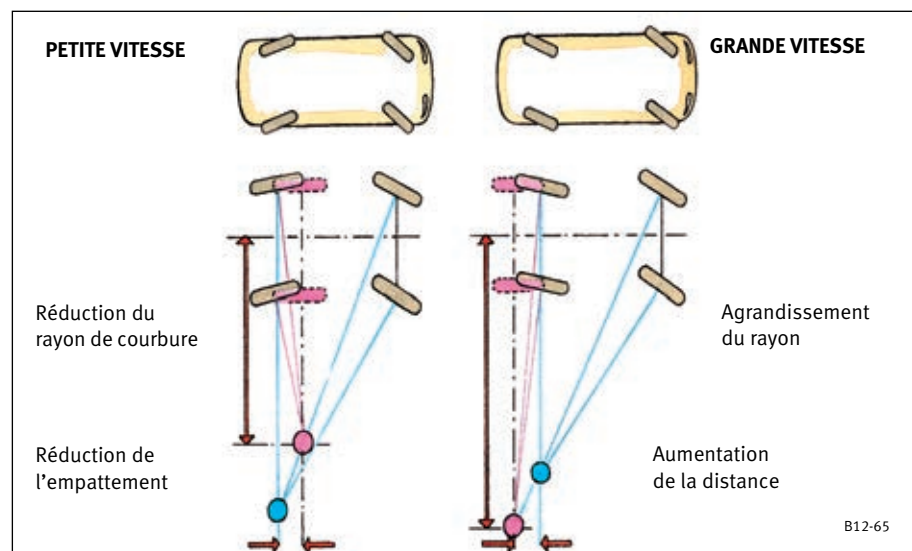
Lorsque les **roues** tournent dans un
même sens, cela équivaut à un
agrandissement du rayon de
courbure et à une augmentation de

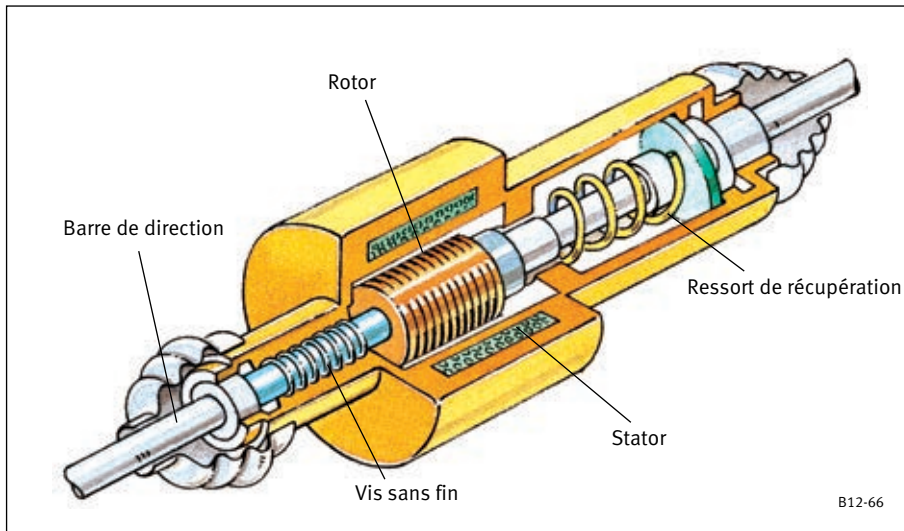
l'empattement. Cela offre une plus
grande **stabilité** dans la conduite à
de **grandes vitesses**.

Lorsque les **roues** arrière tournent
dans le **sens contraire**, le comporte-
ment équivaut à une réduction de la
distance entre les essieux et à une
réduction du rayon de courbure.
Dans ce cas, la **manoeuvrabilité**
augmente à de petites vitesses.
Il faut faire tout particulièrement
attention dans le cadre de travaux de
vérification et de réparation sur les
véhicules dotés de la 4WS, dans la
mesure où ceux-ci sont sensibles aux
dérives.

Mécanisme de la direction arrière

Il fonctionne comme un mécanisme
de **vis sans fin** actionné par un
moteur **électrique** qui est excité par
une unité de commande.





Lorsque la gestion électronique excite le stator, le rotor tourne et entraîne la vis sans fin, donnant ainsi lieu au mouvement longitudinal de la barre de direction arrière.

Le filetage sans fin fait partie du carter ; il est fixé et ne se déplace pas. Quant à la vis sans fin, elle est unie au rotor du moteur électrique et à la barre de direction de l'essieu arrière.

De plus, un **ressort de récupération** fixe la direction des roues arrières dans une position neutre (centrée) en cas de manque de courant ou de défaut du système.

Le moteur est excité par une unité de commande, en fonction, essentiellement, de l'angle et de la vitesse de braquage des roues avant, de même que de la vitesse du véhicule.

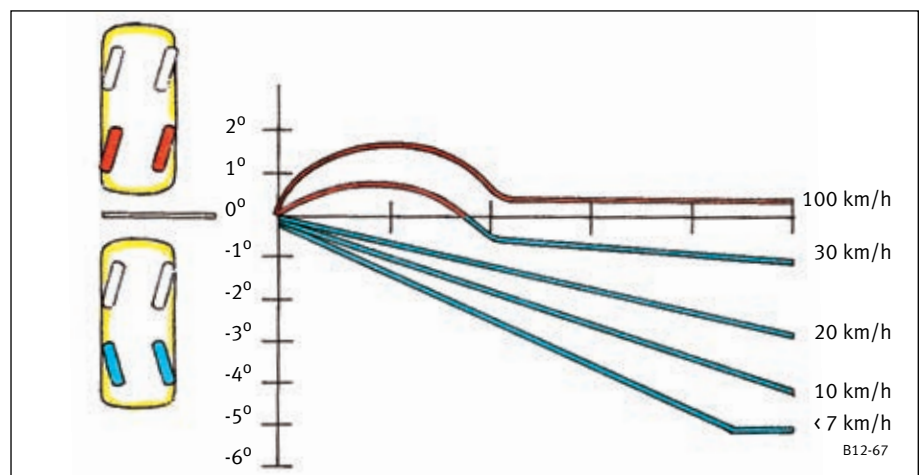
En dessous de 30 km/h, les roues arrières tournent toujours, dans une plus ou moins large mesure, dans le sens contraire de celui des roues

avant, pour améliorer la **manoeuvrabilité**.

À 30 km/h, les roues arrières restent en position **neutre**.

Et, **au-dessus de 30 km/h**, les roues arrières tournent dans le même sens que les roues avant, pour augmenter la **stabilité**.

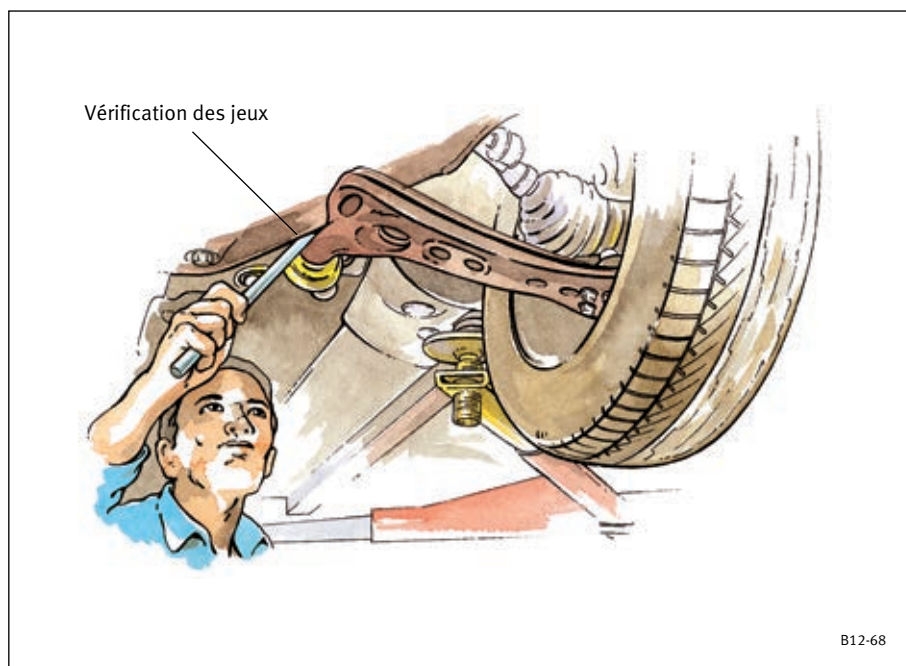
Le graphique montre le sens et les degrés de braquage des roues arrières en fonction du braquage du volant et de la vitesse du véhicule.



*“Un défaut de la direction peut non seulement modifier la trajectoire,
mais aussi affecter la stabilité de marche et, parfois également,
la souplesse de son actionnement”..*

DÉFAUTS DE LA DIRECTION

Pour que les valeurs obtenues pour chacune des cotes de direction puissent être considérées valables, il est nécessaire de procéder, au préalable, à des opérations de “préparation”.



La vérification ou localisation d'un défaut dans la direction requiert le suivi méthodique des règles suivantes. Ce n'est que de cette façon que la réparation pourra être correctement réalisée :

- Opérations préalables.
- Test dynamique.
- Diagnostic et défauts des éléments mécaniques.
- Contrôle et réglage.
- Diagnostic et défauts de la direction assistée.

Opérations préalables

Avant de vérifier la direction, il est nécessaire de préparer le véhicule. À défaut, les mesures relevées peuvent

être erronées et la réparation incorrecte.

Les **pneumatiques**, la mesure, le gonflage correct et l'usure de la bande de roulement devront être vérifiés.

Il faudra aussi s'assurer de l'absence de tout **jeu** dans les rotules, les articulations, les coussinets de roue ou d'autres points de fixation de la suspension.

Test dynamique

Il devra se faire sur un **petit parcours**, sur une route ou sur un banc à rouleaux. Indépendamment de la direction, il faudra porter une attention

Il faudra observer si les tendances varient à l'accélération ou au freinage, s'il existe un ballottement ou une instabilité de la trajectoire à la sortie d'un virage et sur une route en mauvais état, etc.

Diagnostic et défauts des éléments mécaniques

Ce sont ceux dont l'origine se trouve dans l'état défectueux de l'un

quelconque des pièces de la direction et peuvent provoquer :

- Une tendance à la **dérive d'un côté** lorsque le véhicule circule en ligne droite.
- L'existence de **jeux** dans le **volant**.
- Une **difficulté** d'actionnement de la **direction**.
- Une **usure irrégulière** des pneus.
- L'existence de **bruits étranges**.

Contrôle et réglage

Il faudra vérifier la **géométrie** du **véhicule** et l'**alignement** de toutes les **roues**. La valeur de chaque cote dépend des caractéristiques de fabrication et le réglage de toutes les cotes n'est pas toujours possible. Faire attention aux éventuelles déformations du châssis (axe géométrique central, déviation de l'essieu arrière, retard des roues avant, angle de braquage, etc.).

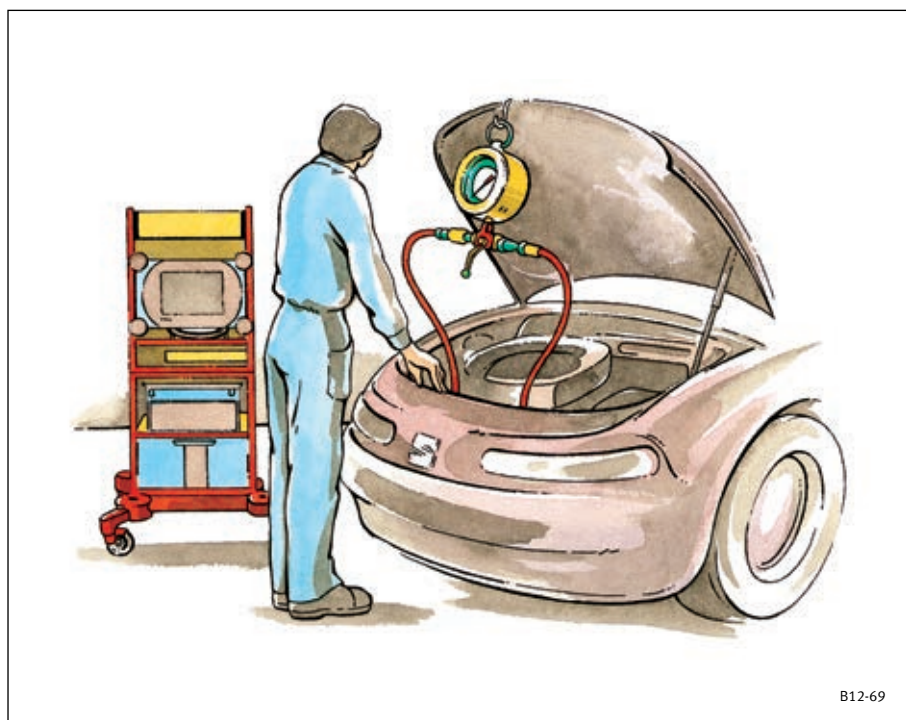
Diagnostic et défauts de la direction assistée

Après avoir procédé aux vérifications précédentes, un contrôle de la direction assistée devra être mis en oeuvre.

Si l'assistance dispose d'un autodiagnostic, ce dernier devra être consulté et les vérifications électriques respectives devront être réalisées.

Enfin, si l'assistance dispose d'un circuit hydraulique, le **niveau d'huile** dans le réservoir devra être vérifié, de même que l'absence de **fuites** ou de **ruptures**. Ensuite, à l'aide d'un manomètre, la **pression** dans le circuit hydraulique devra être mesurée.

La méticulosité dans la prise de mesures garantit une bonne vérification des cotes de direction.



B12-69

“L'utilisation de plus en plus généralisée d'appareils d'alignement électroniques permet de faciliter la vérification et la localisation d'éventuels défauts”.

APPAREILS D'ALIGNEMENT

L'utilisation d'appareils de diagnostic permet de vérifier l'état des cotes de direction.



Ils sont utilisés pour la vérification et la correction de la direction.

Pour que les mesures prises avec l'appareil soient correctes, les **vérifications** suivantes devront avoir été réalisées **au préalable** :

- Pneus.
- Détection d'éventuels jeux.

- État de la suspension.
- Position du véhicule (hauteur, inclinaison, charge, etc.).

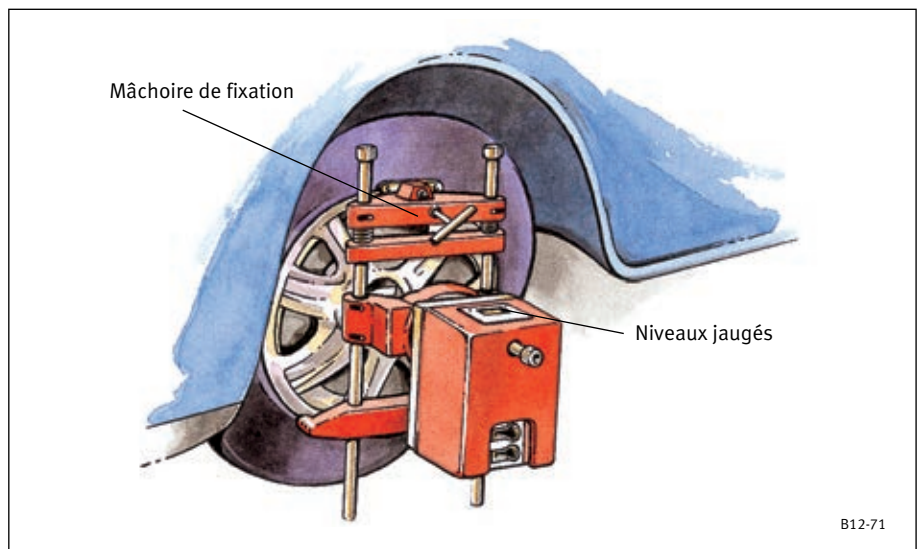
L'alignement **devra toujours être vérifié lorsque** :

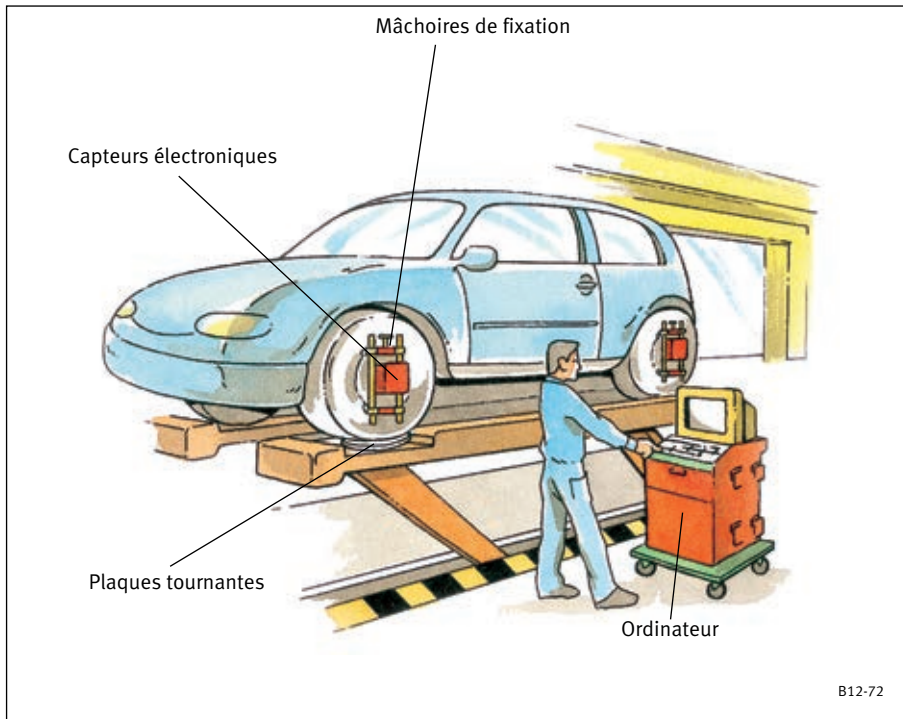
- un défaut existe dans le comportement de marche,
- un ou plusieurs pneus présentent une usure irrégulière,
- des composants endommagés lors d'un accident ont été changés,
- des pièces de l'essieu ont été démontées (chaque véhicule est particulier).

Actuellement, on emploie des appareils d'alignement **électroniques**. D'autres modèles, tels que ceux de niveau, les appareils mécaniques ou ceux de mesure par faisceau lumineux, ne sont plus utilisés.

La **différence** entre les appareils de mesure est la **méthodologie** à suivre

Il s'agit d'un appareil de mesure très précis qui demande à être placé avec exactitude.





pour la mesure, mais les résultats sont identiques.

Aligneur électronique

Il se compose de plaques tournantes, de mâchoires de fixation, de capteurs électroniques et d'un ordinateur.

La **plaque tournante** est une plate-forme sur laquelle les roues sont placées et qui permet de les faire tourner pour mesurer l'angle. Les **mâchoires de fixation** dispose d'un mécanisme à fixer aux roues. Il est important de bien les monter afin d'éviter des erreurs de mesure ; pour ce faire, elles disposent de niveaux à

bulles sur des transporteurs étalonnés.

Les **capteurs électroniques** émettent des ondes de radiofréquence.

Ceux-ci sont montés sur chaque mâchoire de fixation et émettent un signal à l'ordinateur.

L'**ordinateur** traite les signaux reçus et les compare avec la base de données qui a en mémoire. Il affiche ensuite la mesure et la déviation à l'écran.

EN PROFONDEUR

Calcul de l'angle de parallélisme ou angle de dérive de la trace

Le calcul de la dérive de la trace requiert la mesure du parallélisme de chaque roue arrière, puis la réalisation des opérations suivantes.

Si les valeurs obtenues sont du même signe (+/+ ou -/-), la plus petite valeur devra être soustraite de la plus grande, puis le résultat obtenu devra être divisé par deux.

Parallélisme roue arrière gauche +15'

Parallélisme roue arrière droite +5'

$$15' - 5' = 10'$$

$$10' : 2 = 5'$$

Dérivée de la trace = 5'

Si les valeurs sont de signes différents (+/- ou -/+), celles-ci doivent être additionnées, somme dont le résultat doit être divisé par deux.

Parallélisme roue arrière gauche +15'

Parallélisme roue arrière droite -5'

$$15' + 5' = 20'$$

$$20' : 2 = 10'$$

Dérivée de la trace = 10'

Le **résultat** obtenu est la **dérive** réelle de la **trace** de l'**axe de symétrie longitudinal** du véhicule.

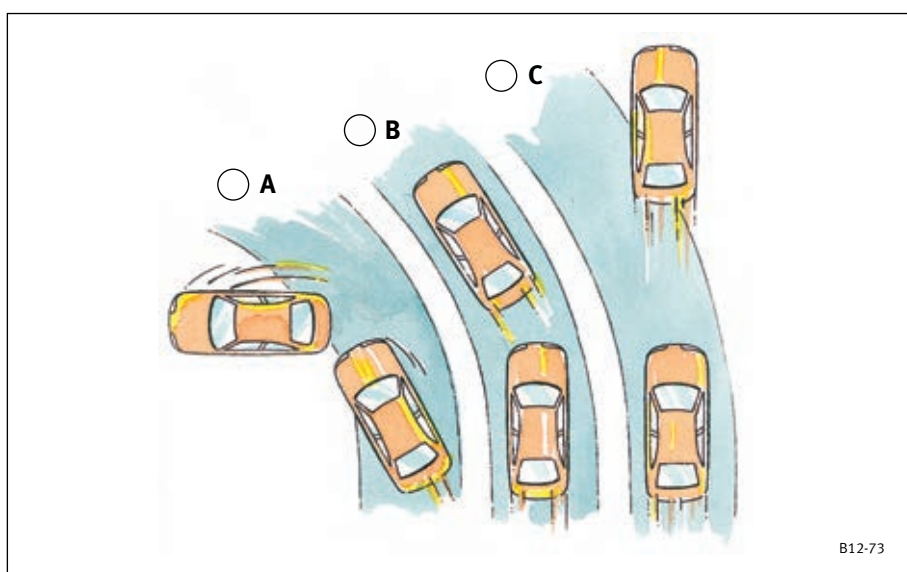
Une trop grande déviation dans la dérivée de la trace entraînerait l'usure anormale des pneus du véhicule.

AUTO-ÉVALUATION

Les exercices suivants servent de test d'auto-évaluation. Il vous permettront de connaître votre degré de compréhension de la direction et de sa géométrie. Certaines des questions suivantes admettent plus d'une bonne réponse. Les différentes questions et exercices ont été rangés dans deux grands ensembles afin de permettre un regroupement de l'apprentissage par thèmes. À la fin des exercices, vous devrez compter le nombre de bonnes réponses par groupe.

Si le nombre de bonnes réponses indiqué dans chaque paragraphe n'est pas atteint, le thème correspondant doit être révisé.

1ère Géométrie de la direction



1. Parmi les trajectoires suivies par chacun de ces trois véhicules, veuillez indiquer celui dont le comportement est survireur.

2. Le but du trapèze d'Ackerman est d'arriver à ce que, dans les virages...

- A.** toutes les roues tournent autour d'un même centre de rotation.
- B.** les roues directrices tournent autour d'un même centre de rotation.
- C.** chaque roue directrice braque à un angle différent.
- D.** les deux roues directrices tournent dans le même rayon de courbure.

3. Quel serait le comportement d'un véhicule circulant en ligne droite lorsque les roues de l'essieu arrière de ce dernier présente un plus grand angle de dérive ?

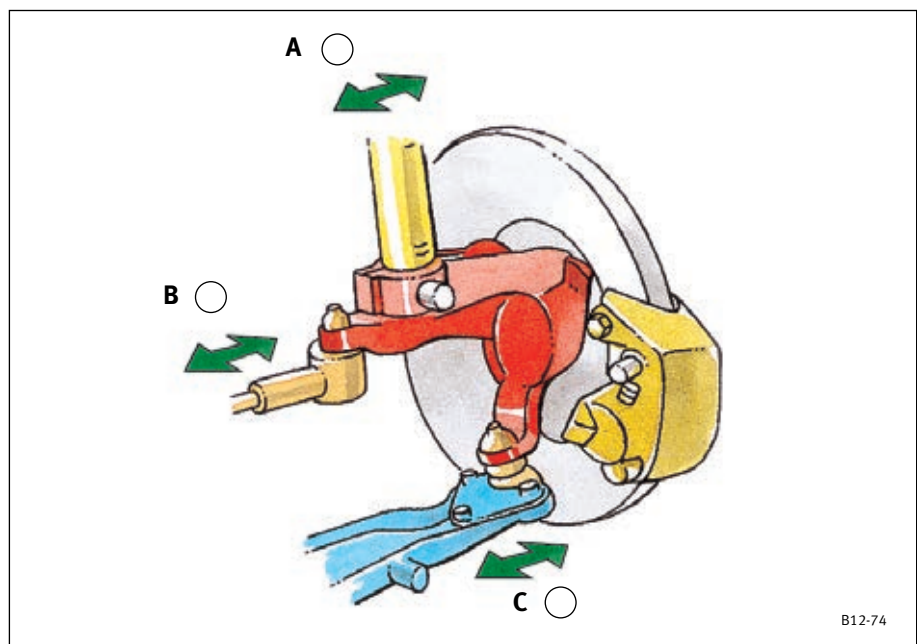
- A. Il ne se dévierait pas.
- B. Il se dévierait du même côté que l'angle de dérive.
- C. Il se dévierait du côté opposé à l'angle de dérive.

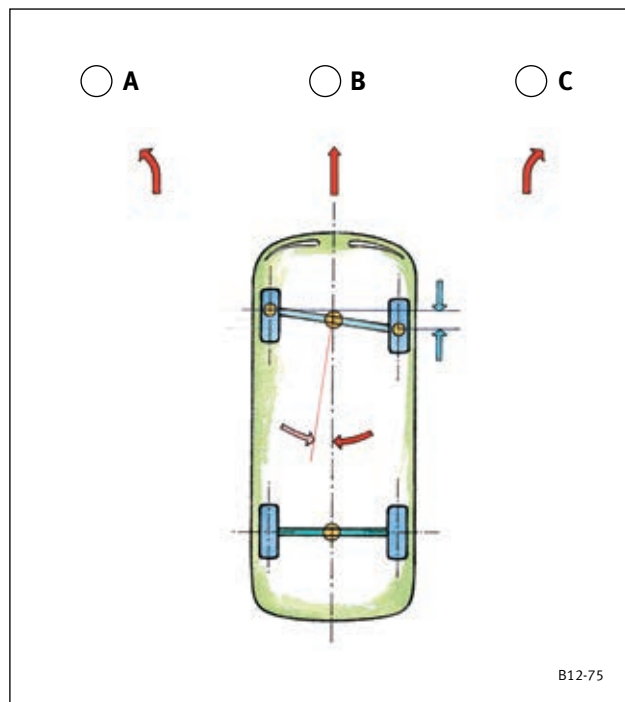
4. Au moyen d'une flèche, reliez chacun de ces angles à leur définition.

- | | |
|-------------------------|---|
| A. Angle de pivot. | 1. Inclinaison de l'axe pivotant sur le plan latéral. |
| B. Angle de carrossage. | 2. Inclinaison de l'axe pivotant sur le plan transversal. |
| C. Parallélisme. | 3. Inclinaison de l'axe de la fusée (roue). |
| D. Angle de chasse. | 4. C'est la somme des angles de carrossage et de pivot. |
| E. Angle inclus. | 5. Parallélisme des roues. |

5. Inscrivez dans chaque cercle le numéro correspondant pour modifier les cotes de la direction d'une roue directrice avec suspension McPherson.

- 1. Angle de pivot.
- 2. Angle de carrossage.
- 3. Parallélisme.
- 4. Angle de chasse.
- 5. Angle inclus.
- 6. Angle de braquage.





6. Le véhicule de la figure ci-contre présente un retard de la roue avant droite. Marquez quelle sera la trajectoire suivie par ce dernier.

7. La colonne de gauche décrit un ensemble d'influences sur le véhicule. Au moyen d'une ligne, reliez chacune d'elles à l'angle qui la produit.

- A. Maintien de la trajectoire en ligne droite.
- B. Facilite le braquage et réduit les tensions sur la fusée.
- C. Favorise le retour des roues directrices à la sortie de virages.
- D. Apporte souplesse et facilite le retour des roues.

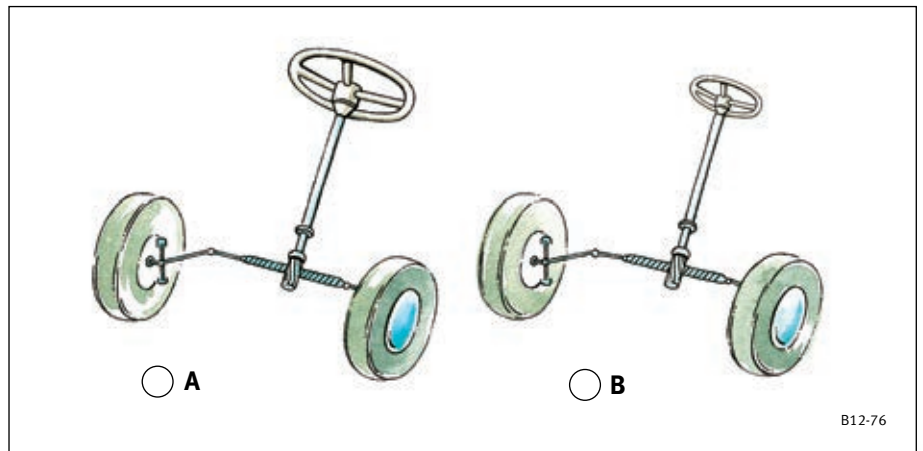
- 1. Angle de pivot.
- 2. Angle de carrossage.
- 3. Parallélisme.
- 4. Angle de chasse.

RÉSULTATS OBTENUS

Bonnes réponses	
Total des réponses	7
Réponses nécessaires pour réussir le test	5

2ème Composants et systèmes de direction

8. Marquez la figure dans laquelle le conducteur doit faire moins d'efforts pour orienter les roues.



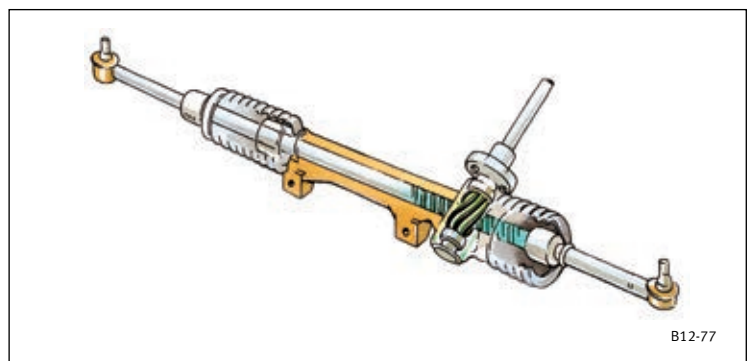
9. La barre de torsion de l'unité hydraulique à crémaillère a pour but de créer un décalage entre...

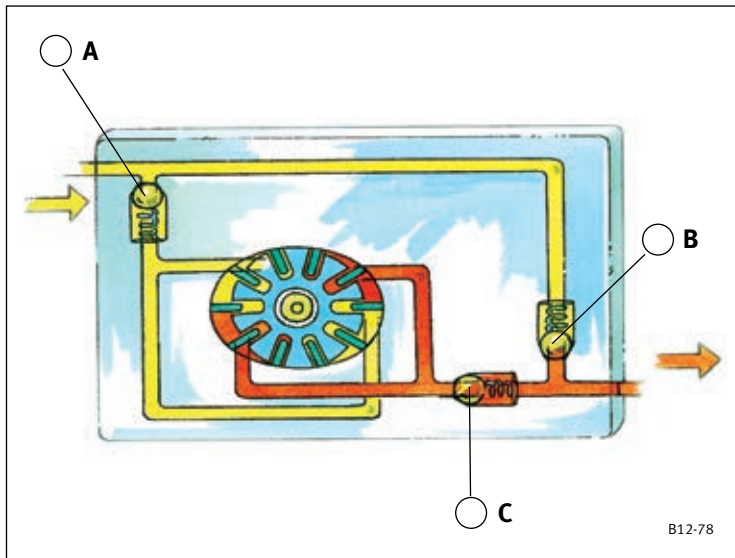
- A.... la douille de commande et le distributeur à boisseau.
- B.... la douille de commande et le limiteur non asservi.
- C.... le distributeur à boisseau et le limiteur non asservi.
- D.... la colonne de direction et l'unité hydraulique.

10. Une boîte de direction à faible

démultiplication se caractérise par...

- A.... la nécessité d'appliquer un plus grand effort sur le volant.
- B.... le fait qu'un moindre effort doit être appliqué sur le volant.
- C.... le fait que l'orientation des roues est plus rapide.
- D.... le fait que l'orientation des roues est plus lente.





11. Parmi les soupapes montrées sur la figure, quelle est celle dont le comportement est le même que celui d'un limiteur non asservi ?

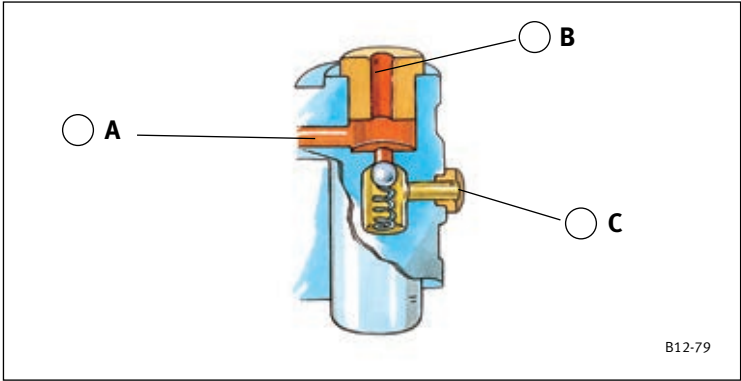
12. Au moyen de flèches, reliez chaque assistance à la caractéristique qui la définit le mieux.

- | | |
|--|--|
| A. Assistance hydraulique. | 1. La pression de l'huile dépend de la vitesse du véhicule. |
| B. Assistance électrohydraulique. | 2. Le système reconnaît le couple que le conducteur applique sur le volant. |
| C. Assistance électromécanique. | 3. C'est une assistance constance. |

13. Le fait de disposer d'un essieu arrière directionnel implique que...

- A....** le rayon de courbure augmente avec la vitesse.
- B....** le rayon de courbure diminue avec la vitesse.
- C....** l'empattement diminue avec la vitesse.
- D....** l'empattement augmente avec la vitesse.

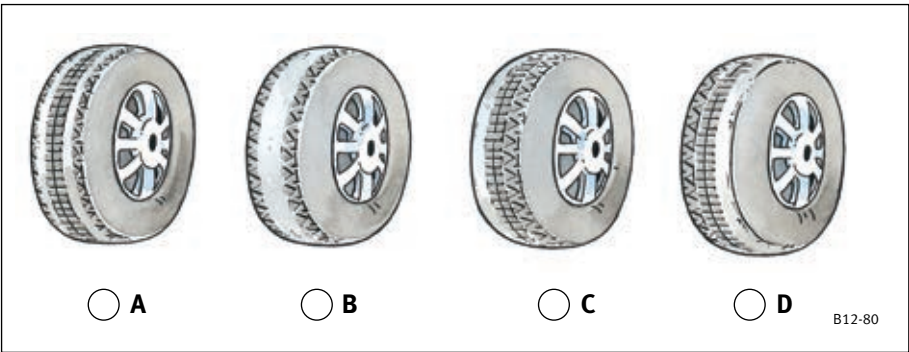
14.Indiquez l'endroit où vous placeriez le manomètre pour vérifier la pression d'huile de la direction assistée.



15.Parmi les opérations suivantes, quelle est celle qui doit être réalisée avant de précéder à la vérification de l'alignement des roues ?

- A. Vérifier l'existence d'éventuels jeux.
- B. Vérifier la pression des pneus
- C. Vérifier la suspension et les freins.
- D. Mesurer la pression du circuit hydraulique.

16.Quelle est l'usure typique d'une roue dont le parallélisme est excessive ?



RÉSULTATS OBTENUS

Bonnes réponses	
Total des réponses	9
Réponses nécessaires pour réussir le test	6

1: C. 2: A,C. 3: C. 4: A,2; B,3; C,5; D,1; E,4. 5: A,2; B,3; C,1. 6: C. 7: A,3; B,2; C,4; D,1. 8: A. 9: A. 10: A, C. 11: C. 12: A,3; B,1; C,2. 13: A,C. 14: C. 15: A,B,C. 16: D.

