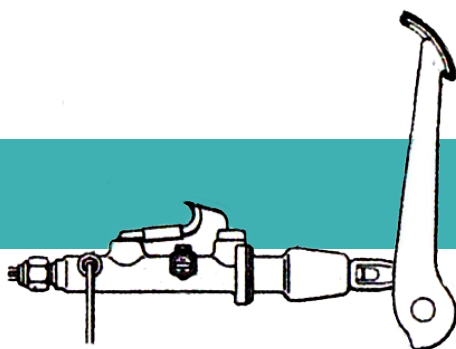


#76- Essieux: angle de chasse et parallélisme

page 02



#77- Freins: purge du circuit de freinage

page 26

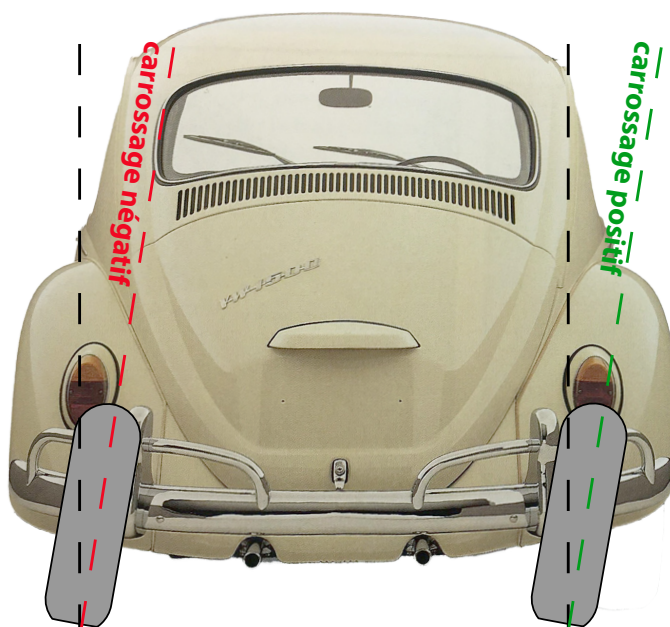
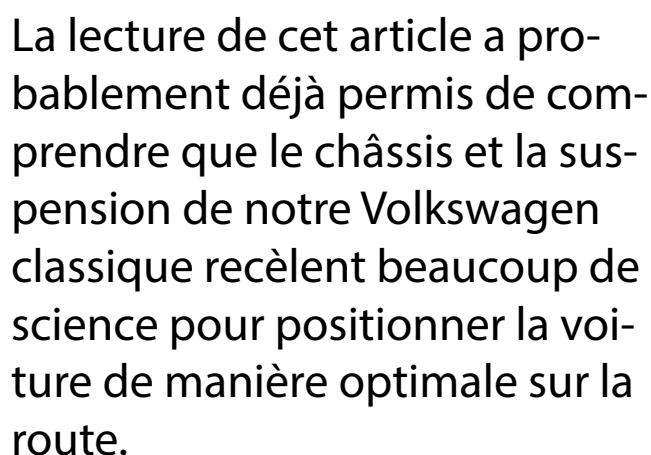


#78- Électricité: fonctionnement de la dynamo

page 34



Dans l'édition précédente, nous avons expliqué ce qu'est le carrossage et l'angle de pivot de fusée (King Pin Inclination, KPI). Une conséquence importante de l'angle de pivot est le rayon de braquage des roues avant. Avant de commencer cet article, lisez [l'édition 25](#). Cliquez sur l'image à droite pour lire [l'édition 25](#).



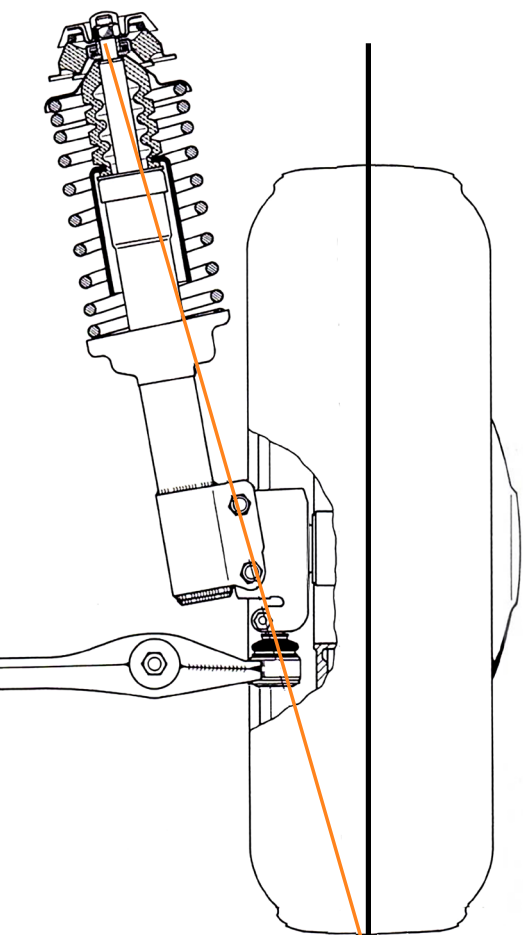
angle de chasse et parallélisme

Il devient également de plus en plus évident que le réglage d'un paramètre affecte un autre paramètre. De même, un mauvais réglage d'une roue en affectera une autre.

Nous avons vu que le remplacement des pneus diagonaux étroits par des pneus radiaux larges (photo ci-dessous) donne à la voiture un aspect robuste,

mais parfois au détriment du confort de conduite et de la maniabilité. Non pas directement à cause de la plus grande surface des pneus, mais à cause de la modification du déport de l'axe de pivot, qui fera que les pneus offriront trop de résistance dans les virages. Le choix de nouvelles jantes avec une valeur ET correcte fait partie de l'étude, tout comme le choix de la taille des pneus.

En plus du carrossage et de l'axe de pivot, d'autres réglages ont leur importance, comme le parallélisme et l'angle de chasse, entre autres ; nous en parlerons dans cet article.

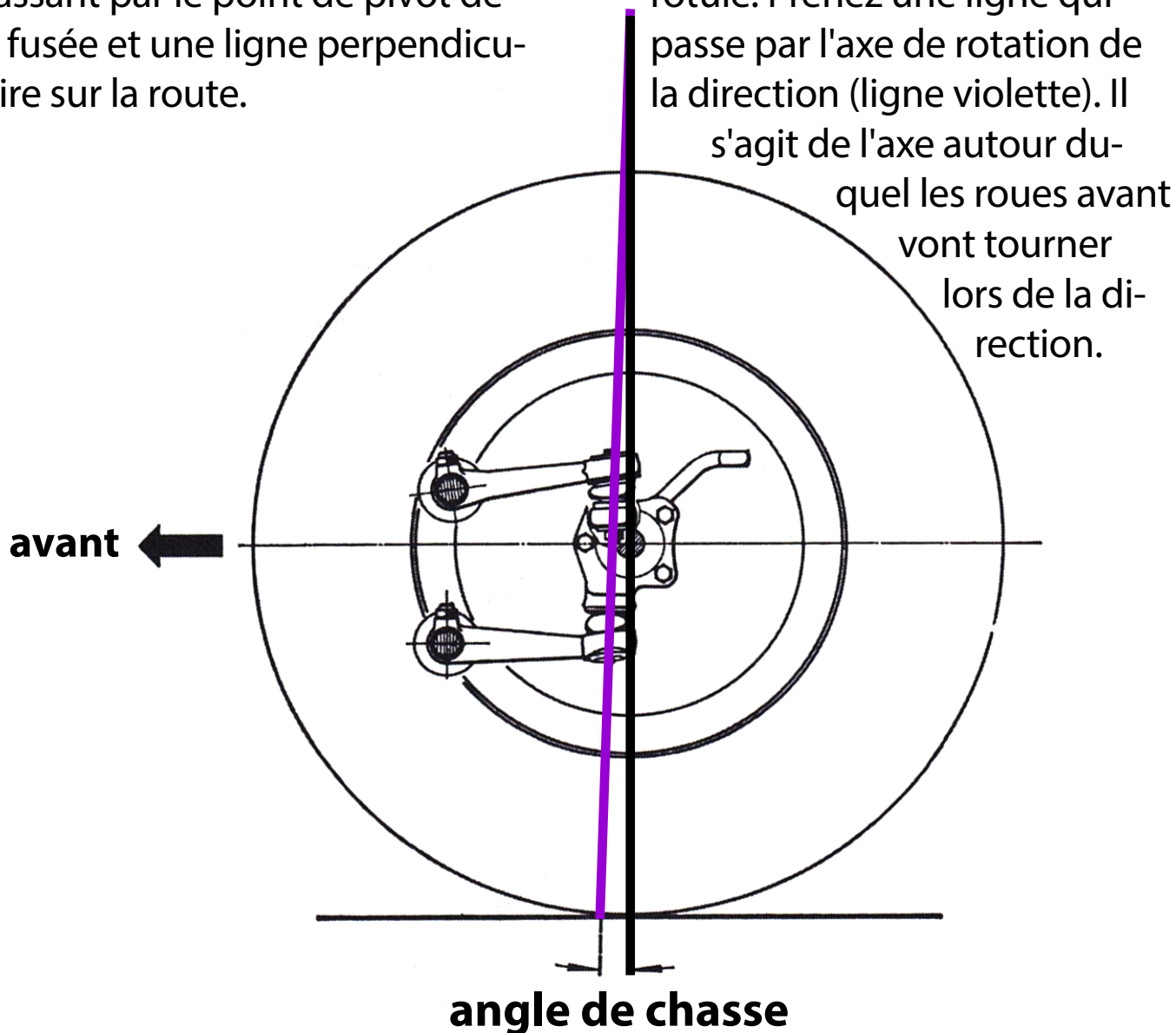


Dessin à gauche : La modification de la taille des pneus a une incidence sur le déport au sol (déport de l'axe de pivot), comme nous l'avons vu dans [l'édition 25](#). Lorsque le déport au sol devient trop important, les forces de manœuvre sont devenues si grandes que la voiture devient ingérable. L'ajustement d'un seul paramètre de la géométrie des roues implique une révision complète de tous les paramètres, afin que la voiture soit à nouveau adaptée à l'application pour laquelle elle a été initialement conçue...

Angle de chasse

L'angle de chasse (ou la chasse en abrégé) est un paramètre lié aux roues avant. Pour étudier cet angle, nous regardons la voiture de côté. L'angle de chasse est l'angle entre la ligne médiane passant par le point de pivot de la fusée et une ligne perpendiculaire sur la route.

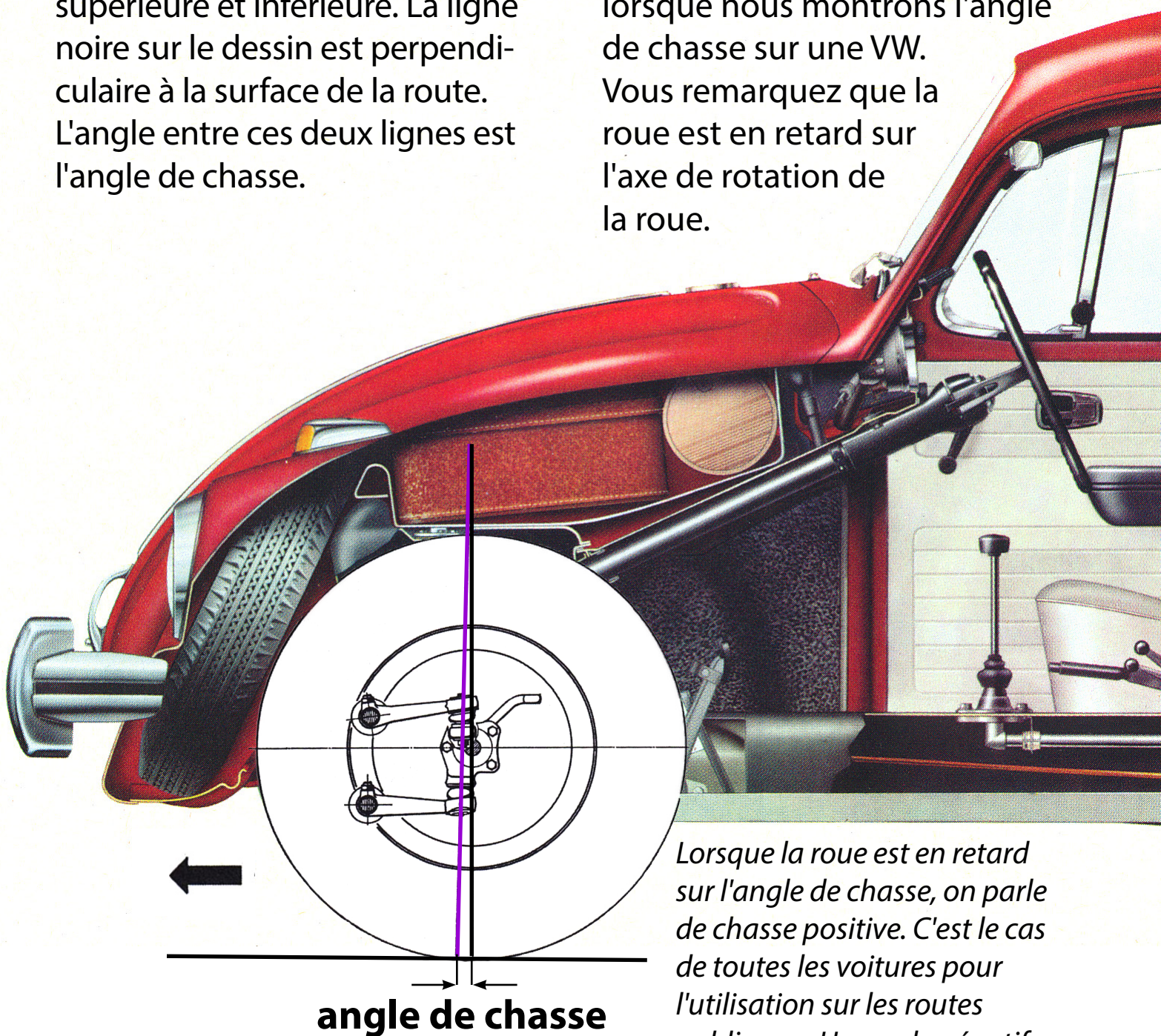
Nous utilisons le dessin d'une suspension avant avec des ressorts à lames, c'est la configuration la plus classique sur nos Volkswagen classiques. Il s'agit de la version après 1965 avec des rotule. Prenez une ligne qui passe par l'axe de rotation de la direction (ligne violette). Il s'agit de l'axe autour duquel les roues avant vont tourner lors de la direction.



angle de chasse et parallélisme

Dans ce cas, la ligne violette passe par le centre des rotules supérieure et inférieure. La ligne noire sur le dessin est perpendiculaire à la surface de la route. L'angle entre ces deux lignes est l'angle de chasse.

Dans le dessin ci-dessous, les choses deviennent plus claires lorsque nous montrons l'angle de chasse sur une VW. Vous remarquez que la roue est en retard sur l'axe de rotation de la roue.



Lorsque la roue est en retard sur l'angle de chasse, on parle de chasse positive. C'est le cas de toutes les voitures pour l'utilisation sur les routes publiques.. Un angle négatif rendrait la voiture incontrôlable.

Une chaise de bureau, un chariot de supermarché ou un chariot comme illustrés ci-dessous, doivent leur maniabilité à l'angle de chasse, qui est obtenue en déplaçant l'axe de direction. Dans le cas de ce chariot, les roues directrices essaient toujours de suivre le sens de la marche. Ce comportement est dû à la position de la roue. Sans cet angle de chasse, ce chariot deviendrait complètement ingérable.

Dans une voiture de route, vous verrez toujours une chasse positive. Elle fournit l'effet d'autocentrage, qui assure la stabilité en ligne droite de votre voiture. Tout comme les roues avant de votre chariot de supermarché. L'angle positif confère une stabilité directionnelle à la voiture, car les roues ont tendance à toujours revenir en position droite pendant la conduite.



angle de chasse

Dans ce chariot de table, les roues directrices sont placées à l'arrière, la tangente au sol de la ligne passant par l'axe de la roue est maintenant derrière la roue, tout le contraire de notre VW avec les roues directrices à l'avant.



angle de chasse et parallélisme

Comme sur un vélo ou une moto où la fourche est inclinée (photo ci-dessous). Vous vous souvenez peut-être que vous faisiez des bêtises avec votre vélo, et que vous tourniez le guidon à 180°, l'angle de chasse passait du positif au négatif. Très difficile à conduire, incontrôlable. Mais quand on est jeune, vous devez découvrir vos limites.

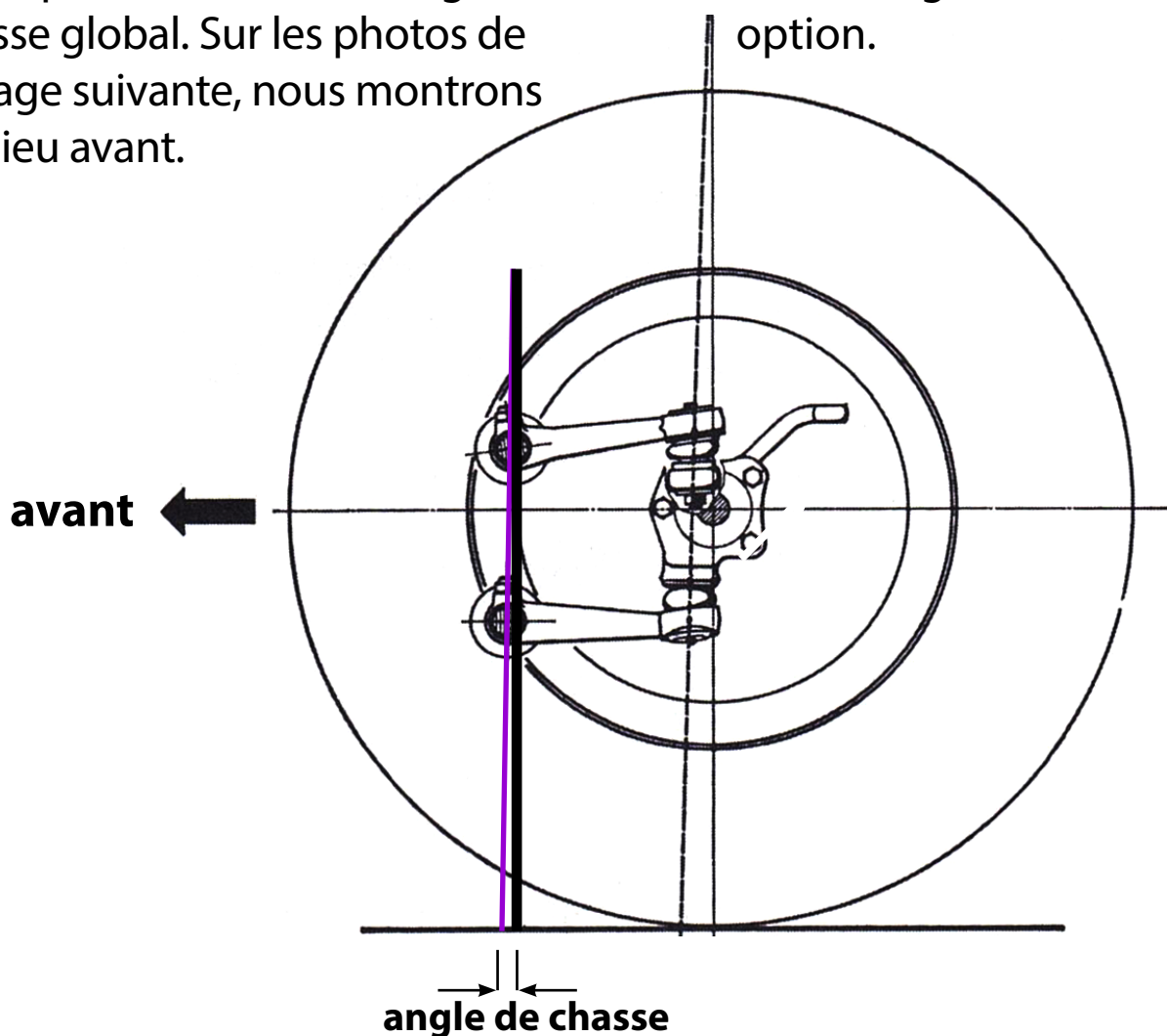
Toujours dans l'exemple de la moto ci-dessous, la zone de contact du pneu avant se trouve derrière l'essieu autour duquel la roue s'incline. Cela confère à la moto la stabilité de conduite nécessaire. Vous pouvez lâcher le guidon de cette moto, même à 120 km/h (ce qui n'est évidemment pas recommandé sur les routes publiques), et elle reste bien droite. Vous pouvez constater que l'angle de chasse est beaucoup plus important sur une moto que sur une voiture.



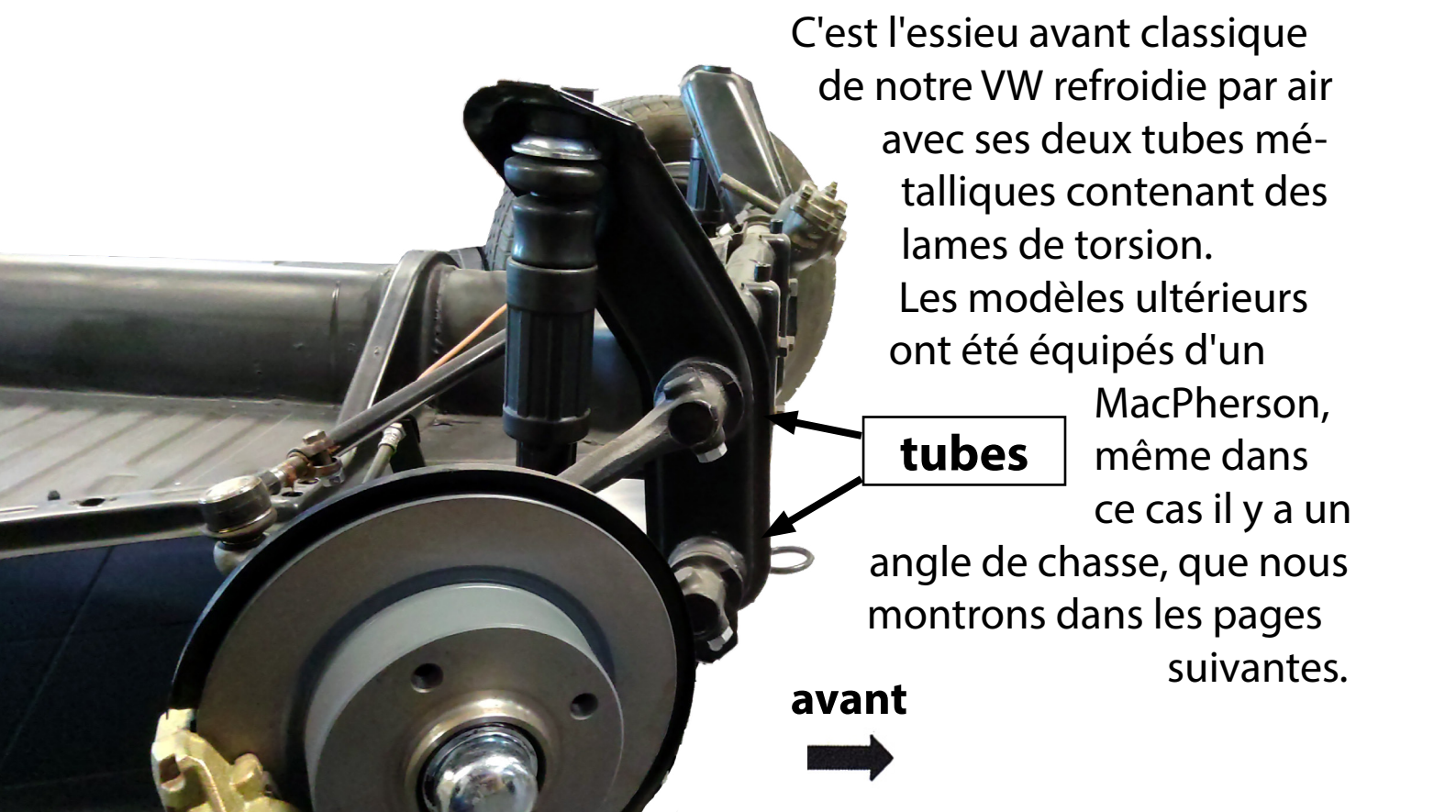
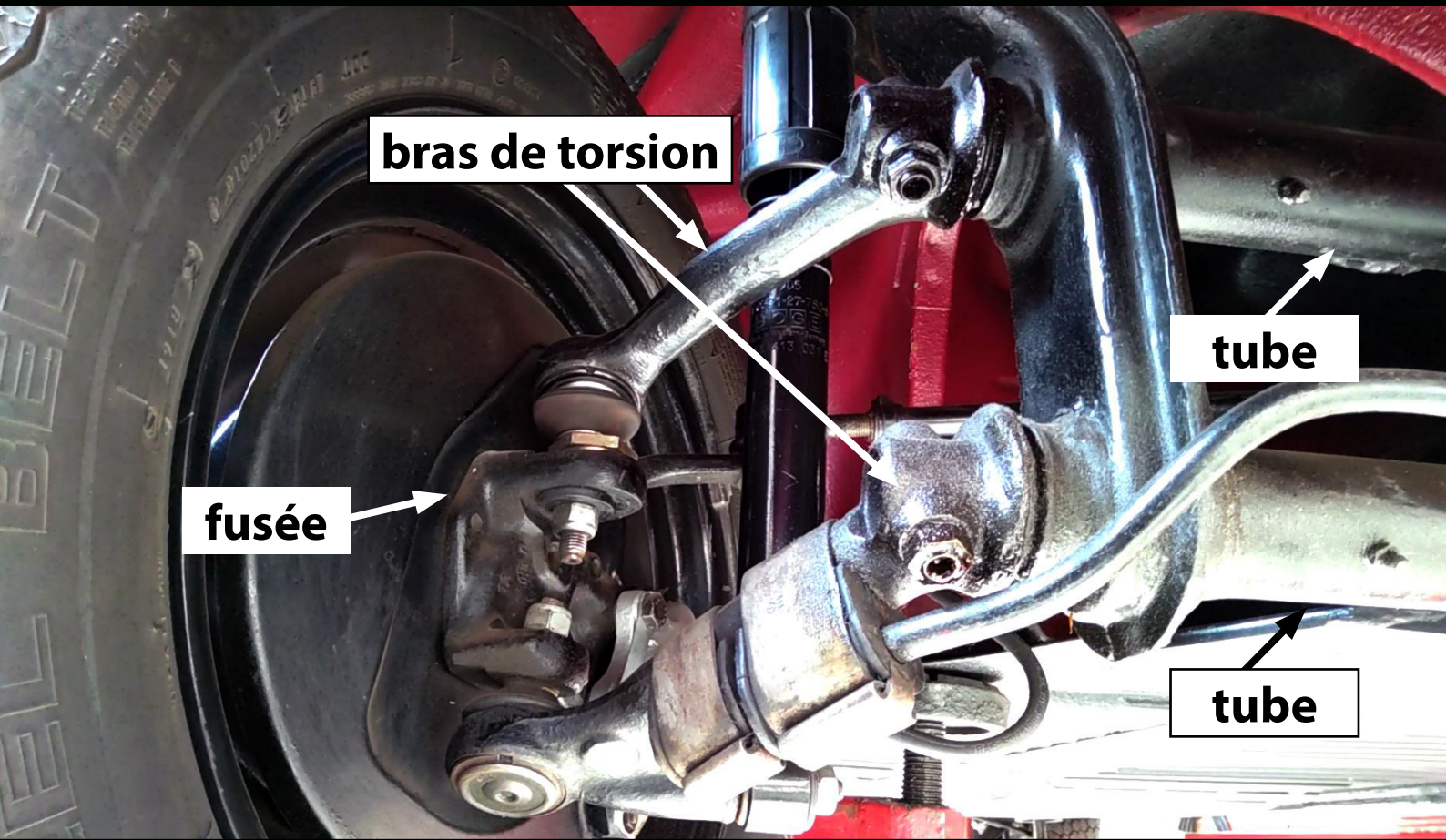
© BIKEEXIF

Dans la suspension avant, la position des tubes, qui contiennent les lames de torsion, joue également un rôle dans la détermination de l'angle de chasse global. Les deux tubes de l'essieu ont également une inclinaison (chasse). C'est la somme de l'angle des rotules (ou avec fusée d'essieu et axes de fusée pour les modèles antérieurs à 1965) et des bras de torsion (levier de suspension) qui va déterminer l'angle de chasse global. Sur les photos de la page suivante, nous montrons l'essieu avant.

L'angle de chasse est difficile à montrer sur ces photos, l'angle est très faible, à peine 2 à 3°. Un réglage n'est pas possible, mais les rotules, les bras de torsion ou l'essieu avant peuvent avoir été endommagés par un choc violent ou par une collision. Cela modifie l'angle de chasse, ce qui affecte le comportement de la voiture en matière de direction. Le remplacement des pièces endommagées est la seule option.

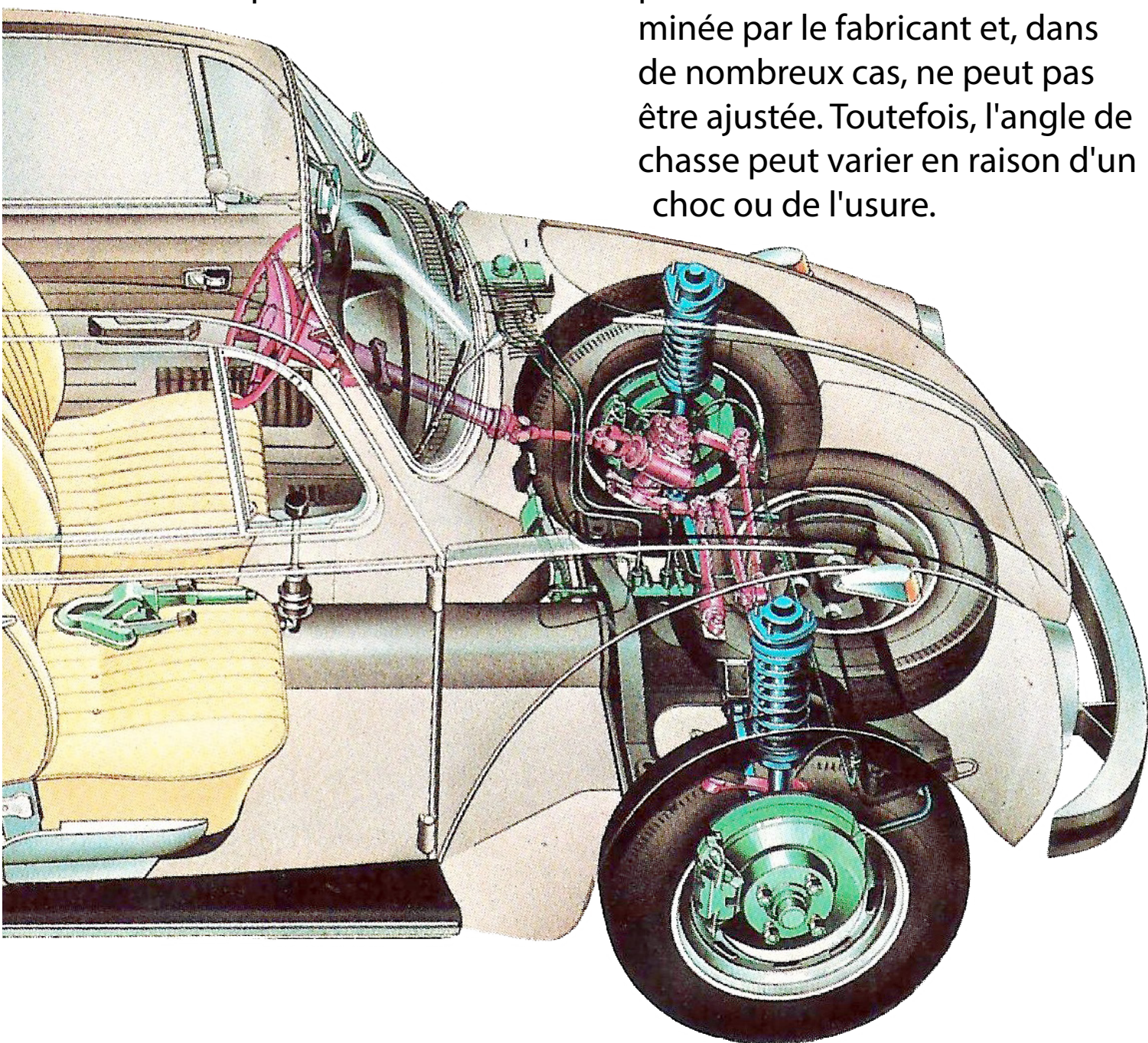


angle de chasse et parallélisme



Les modèles VW plus jeunes utilisaient la jambe de force MacPherson (voir [édition 16](#) et [édition 17](#)) au lieu des lames de torsion. Ici, l'angle de chasse est déterminé par l'inclinaison de la jambe de force, car c'est l'axe autour duquel la roue tourne.

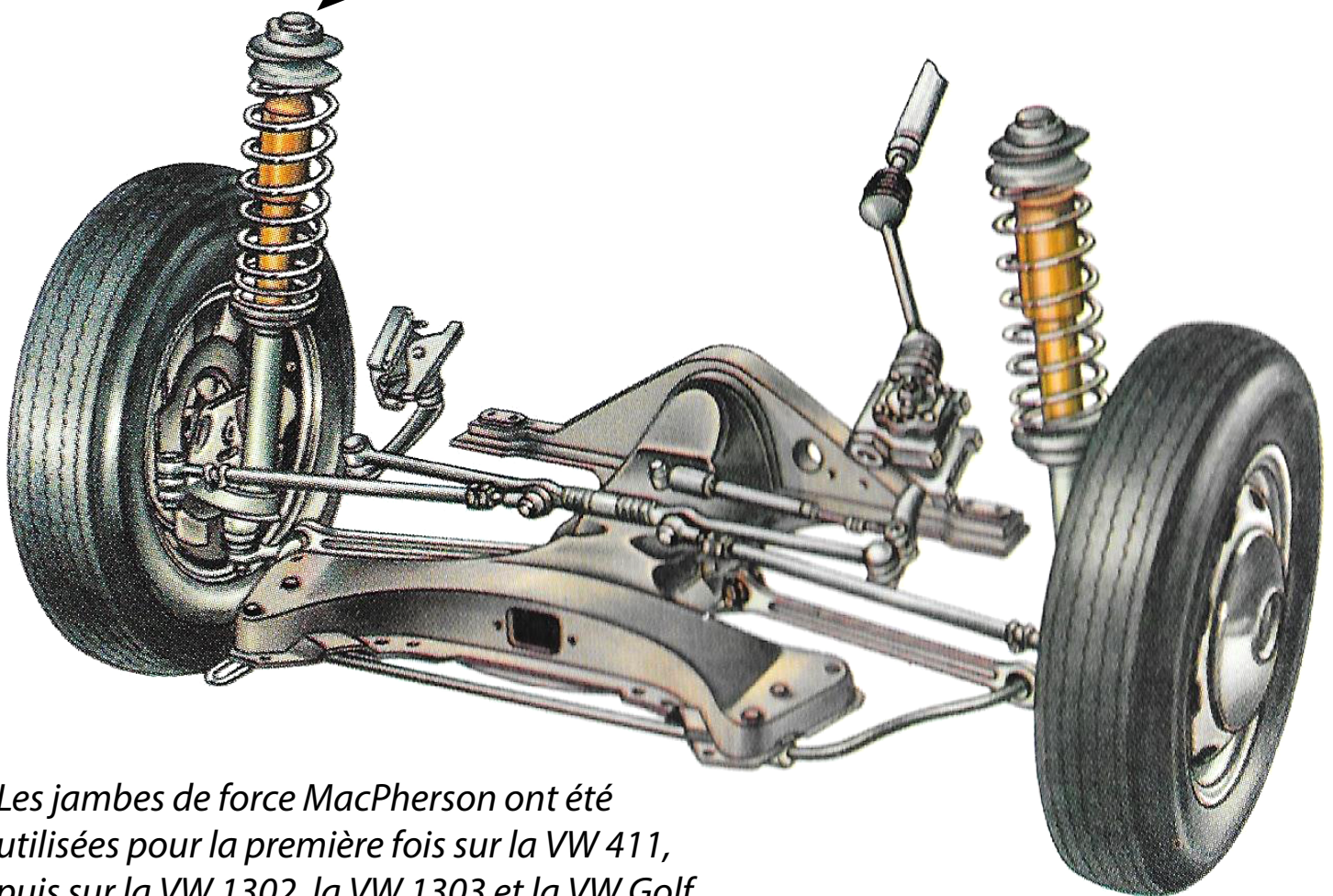
L'appui supérieur (photo page suivante) et inférieur de la jambe de force MacPherson déterminent le degré de chasse des roues avant. L'appui supérieur sera plus en arrière, pour donner aux roues un angle de chasse positif. Cette valeur est déterminée par le fabricant et, dans de nombreux cas, ne peut pas être ajustée. Toutefois, l'angle de chasse peut varier en raison d'un choc ou de l'usure.



angle de chasse et parallélisme

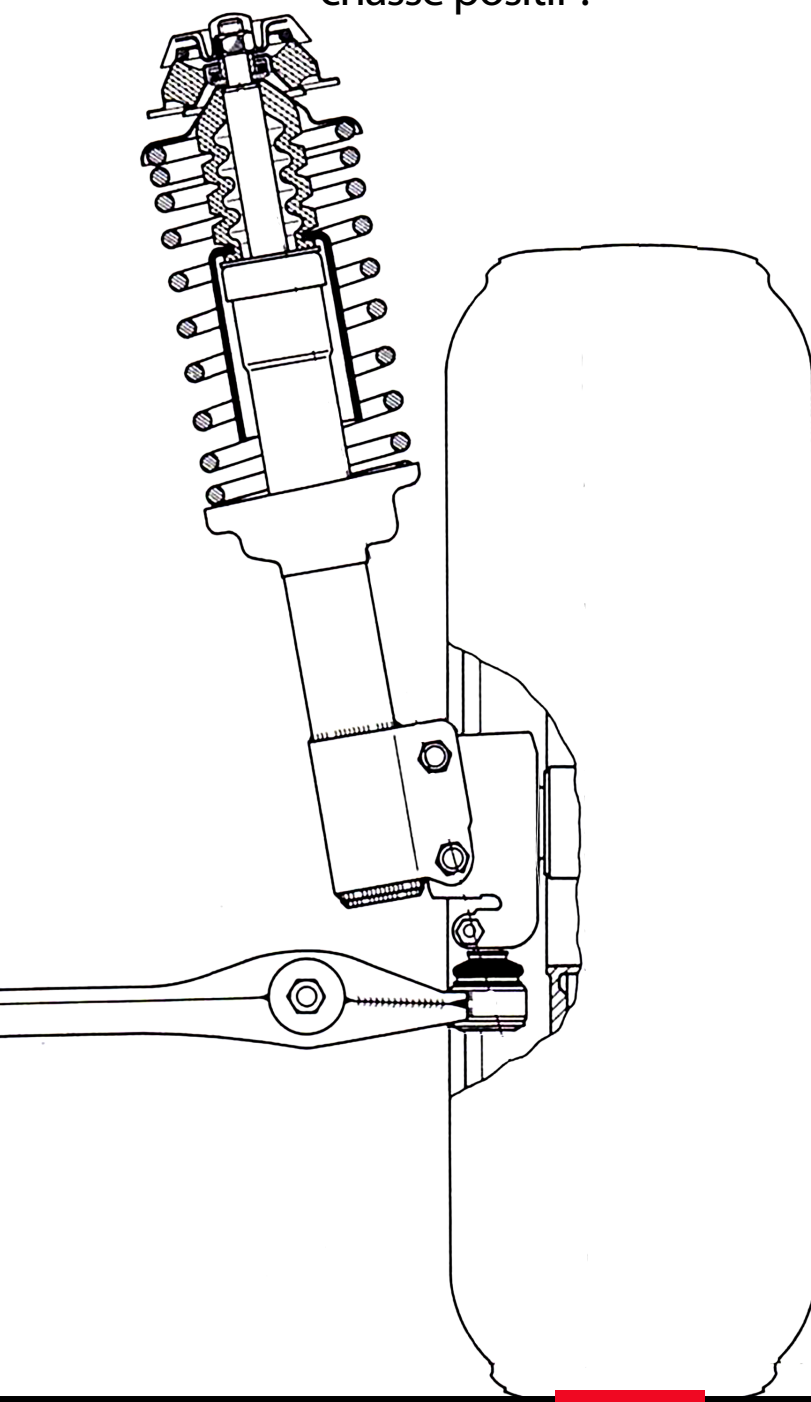


appui supérieur



Les jambes de force MacPherson ont été utilisées pour la première fois sur la VW 411, puis sur la VW 1302, la VW 1303 et la VW Golf.

Maintenant que nous savons ce qu'est l'angle de chasse, quels sont les avantages d'utiliser un angle de chasse positif ?



zone de contact

Stabilité directionnelle

Nous avons déjà longuement parlé de la stabilité directionnelle. Une chasse positive garantit que les roues avant auront toujours tendance à revenir en position droite. C'est une bonne caractéristique qui contribue à rendre la voiture facile à conduire.

L'angle de chasse crée une force entre la zone de contact (zone rouge sous le pneu sur le dessin de gauche) du pneu sur la surface de la route et la ligne du point de montage, ce qui crée une force dans le volant qui fournit un retour d'information lors du braquage. Cette force dépend également du point de fixation ; s'il se déplace, la réaction de la direction augmente ou diminue.

Un angle de chasse trop important vous fera perdre l'adhérence à la route. La surface de contact avec la route est

angle de chasse et parallélisme

également déterminée par la largeur des pneus, plus ils sont larges, plus il y a de contact avec la route, et par la pression des pneus, moins il y a de pression, plus il y a de contact. Bien entendu, la surface de contact ne doit pas devenir trop petite, car vous perdrez alors l'adhérence à la route. La forme de la surface de contact change également en fonction de la pression exercée sur les pneus.

Chasse et carrossage

L'angle de chasse modifie l'angle de carrossage dans les virages, l'améliore et le rend plus stable dans les virages. Ainsi, l'angle de chasse crée un carrossage supplémentaire (moins d'angle de carrossage positif) lorsque le volant est tourné. C'est ce qu'on appelle le carrossage dynamique (photo ci-dessous), car il est créé par le mouvement du volant, et il disparaît lorsque les roues sont droites.

Cela permet d'avoir moins de carrossage statique en conduite droite, ce qui réduit l'usure des pneus. Le carrossage statique est le réglage du carrossage à l'arrêt.

Dans [l'édition 25](#), nous avons expliqué que l'angle de pivot avait un effet négatif sur l'angle de carrossage dans les virages, l'angle de chasse fournit donc un effet contraire et corrige l'angle de carrossage dans la bonne direction.



© Keith Seume

carrossage dynamique dans les virages

angle de pivot

Chasse et l'angle de pivot

Les réglages de l'angle de chasse dépendent de l'inclinaison de l'angle de pivot, en d'autres termes, si l'angle de pivot est ajusté, l'angle de chasse doit être revu, et vice versa. Plus tôt, nous avons mentionné qu'un réglage de la géométrie de la roue en affecte un autre, c'est la confirmation. Si vous réglez l'angle de chasse, cela affectera l'angle de carrossage dans les virages. Il en va de même pour l'angle de pivot et l'angle de chasse.

Ces paramètres sont des données fixes sur une Volkswagen d'origine, ils sont déterminés par la forme des composants de la suspension. Ils peuvent cependant changer si vous installez un essieu avant plus étroit, si vous abaissez la suspension ou si vous utilisez des amortisseurs différents. Le choix de la taille des jantes et des pneus affectera également la géométrie.



angle de chasse et parallélisme

Chasse et roues arrière

Tout comme l'angle de pivot peut affecter l'angle de chasse, la position des barres de torsion arrière rendra difficile le réglage de l'angle de chasse. L'abaissement de la suspension arrière, ou une hauteur arrière inégale à gauche et à droite, se ressentira dans le comportement des roues avant.

Effet de levage

Un angle de chasse positif crée également un effet de levage lorsque les roues sont tournées. La roue intérieure avant monte et la roue extérieure avant descend. Cela provoque un effet de soulèvement qui met plus de masse sur la roue extérieure arrière dans les virages. Cela peut créer un effet positif dans les virages car cela aide la voiture à tourner à l'entrée du virage. Toutefois, un angle de chasse trop élevé peut entraîner un survirage en raison de l'effet de portance.

Routes inégales

Un angle de chasse insuffisant augmente l'effet des forces latérales, par exemple lors de la conduite dans un trou ou sur une chaussée irrégulière. La voiture est entraînée par chaque irrégularité de l'asphalte et devient difficile à diriger, le confort est fortement réduit.

Réglage de l'angle de chasse

L'angle de chasse ne dépasse pas 2° à 3° sur les voitures de route. Le manuel VW de 1963 recommande 2° +/- 15' pour la Coccinelle Volkswagen (15' est égal à 15/60 décimal, donc 2,25°). Ce n'est vraiment pas grand-chose et ne peut être réglé sans outils spéciaux. Et pourtant, ce réglage fera toute la différence en termes de comportement de la voiture.

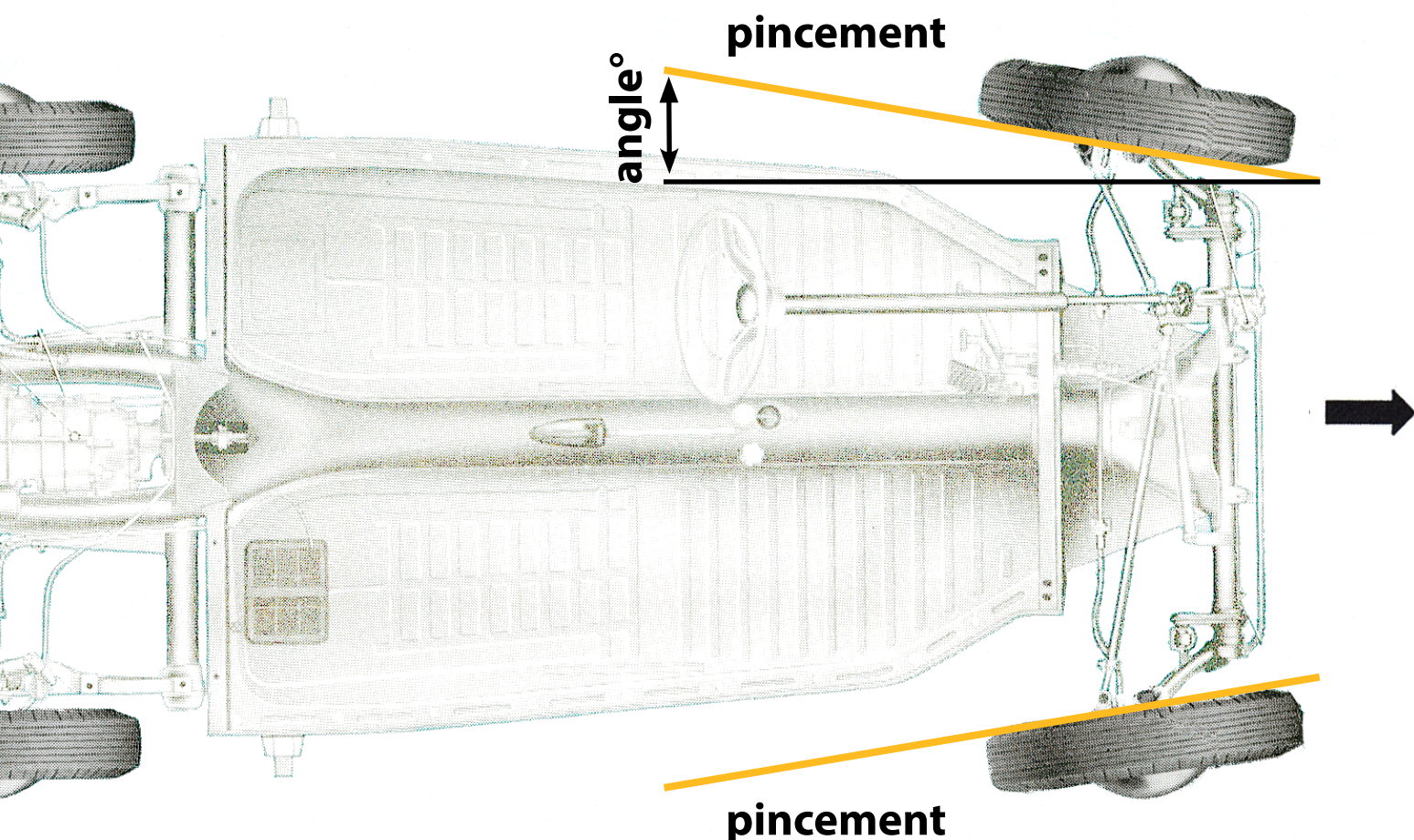
Dans la prochaine édition de cette série, nous aborderons le réglage de la géométrie des roues.

Parallélisme

Le parallélisme est un paramètre qui est important pour les roues avant et les roues arrière. Nous allons commencer par les roues avant.

Le parallélisme est lié à la direction des roues. Nous illustrons cela avec le dessin ci-dessous d'un châssis de Coccinelle Volkswagen vu du haut.

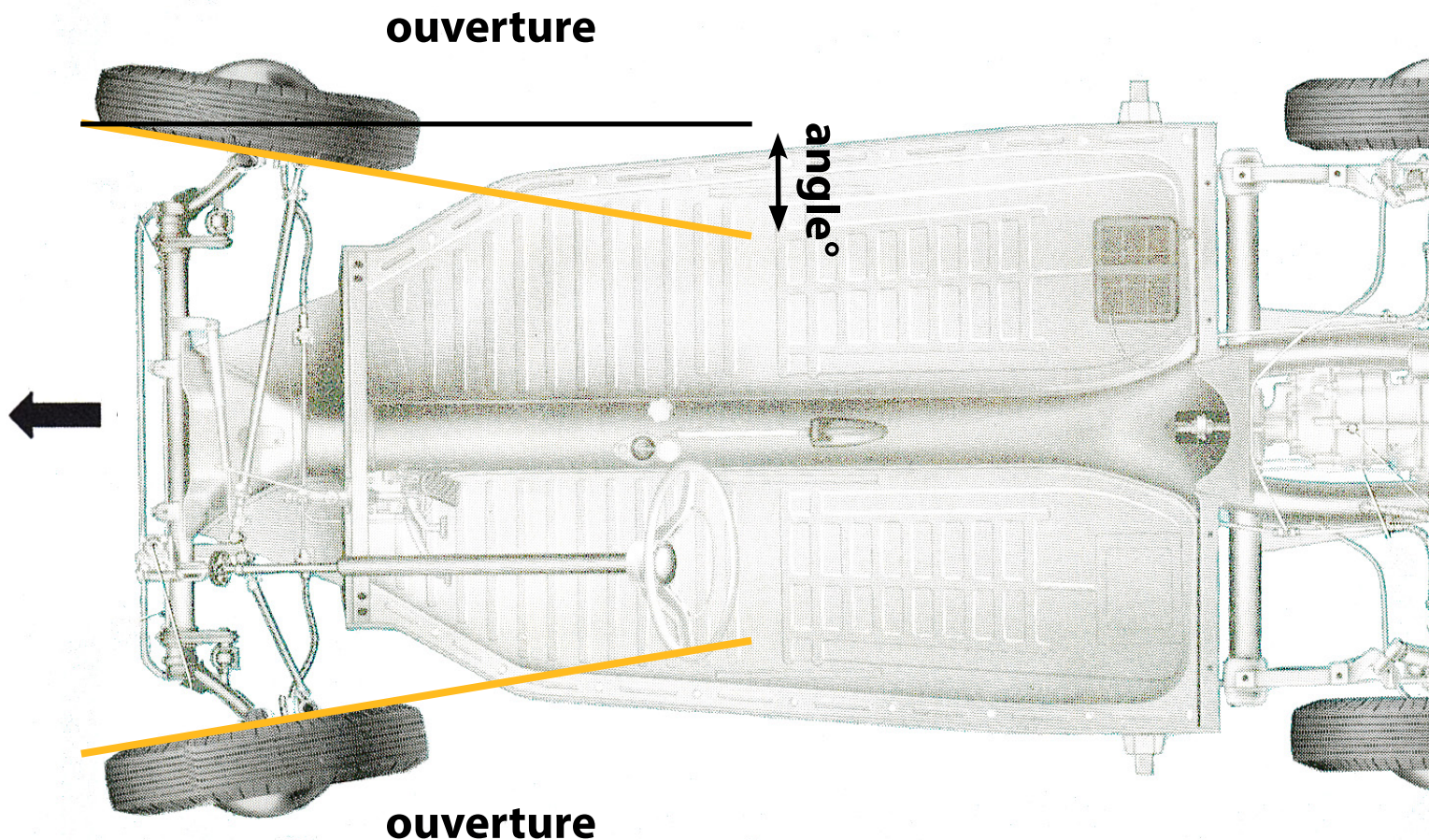
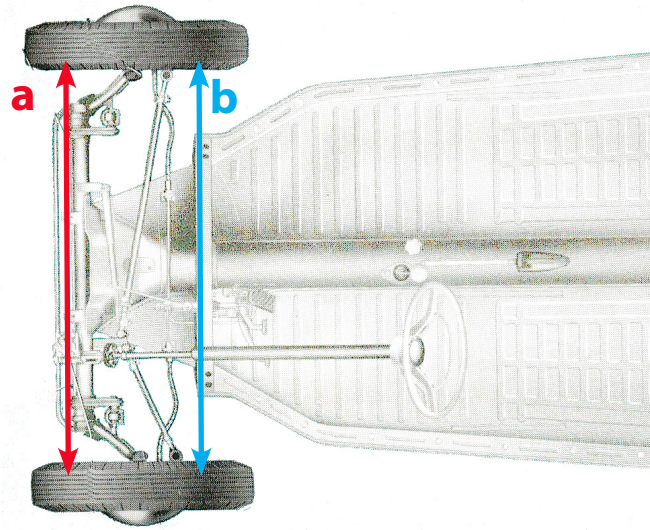
Le parallélisme est le paramètre le plus sensible de tous les paramètres de géométrie des roues. Lorsque les roues pointent vers l'intérieur, comme dans le dessin ci-dessous, on parle de parallélisme positif ou d'angle de pincement. Dans le dessin de la page suivante, nous montrons des roues avant avec un parallélisme négatif ou un angle d'ouverture.



angle de chasse et parallélisme

Là encore, les dessins sont très exagérés pour être plus clairs. Dans la pratique, nous parlons de quelques dixièmes de degré ou d'à peine 2 à 4 mm entre l'avant des jantes (flèches rouges sur le dessin de droite) et l'arrière (flèches bleues). Cette différence est à peine visible à l'œil nu. Le parallélisme est exprimé en degrés (voir dessin ci-dessous) ou en millimètres comme dans le dessin ci-dessus.

pincement : $a < b$
ouverture : $a > b$



Pourquoi est-il nécessaire de limiter le pincement des roues avant sur notre VW classique ?

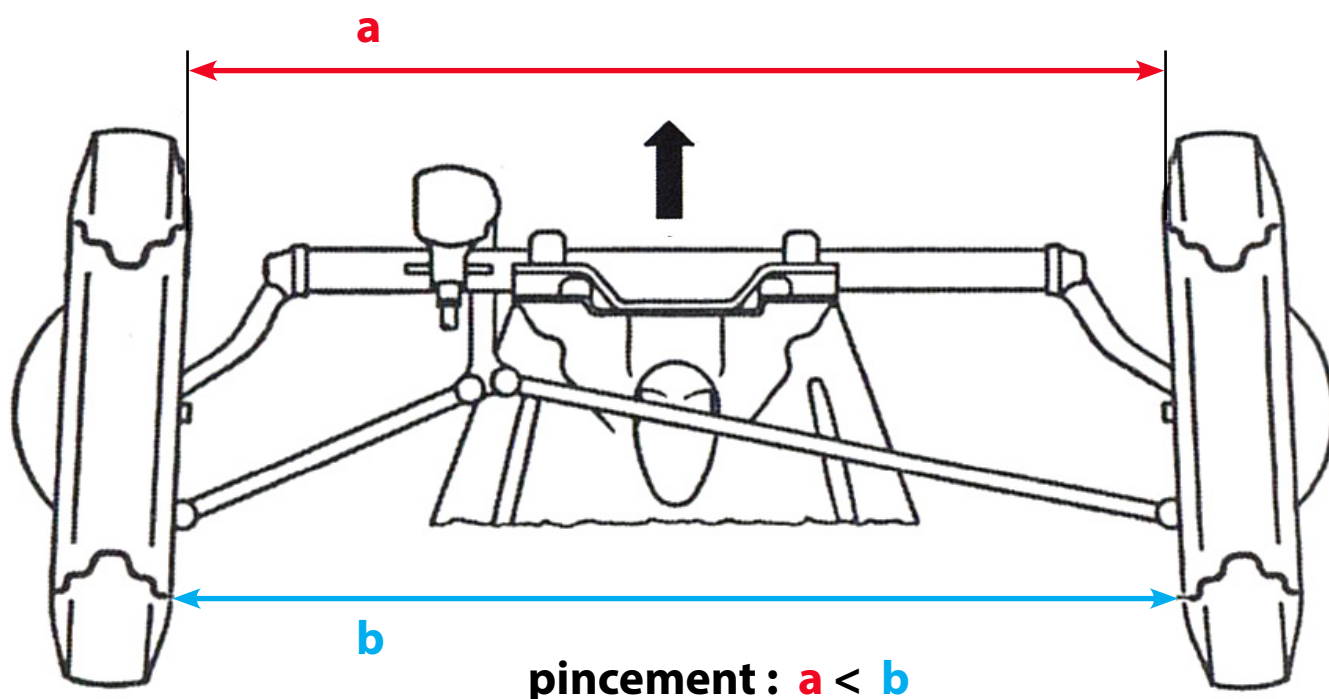
En raison du réglage positif du carrossage (voir [édition 25](#)) combiné à la résistance de la surface de la route et au jeu dans les roulements de roue et les composants de la direction, les roues avant sont poussées vers l'extérieur (ouverture).

Pour compenser cet effet, nous donnons aux roues avant un léger pincement. Nous montrons ci-dessous comment le pincement est mesuré sur l'es-

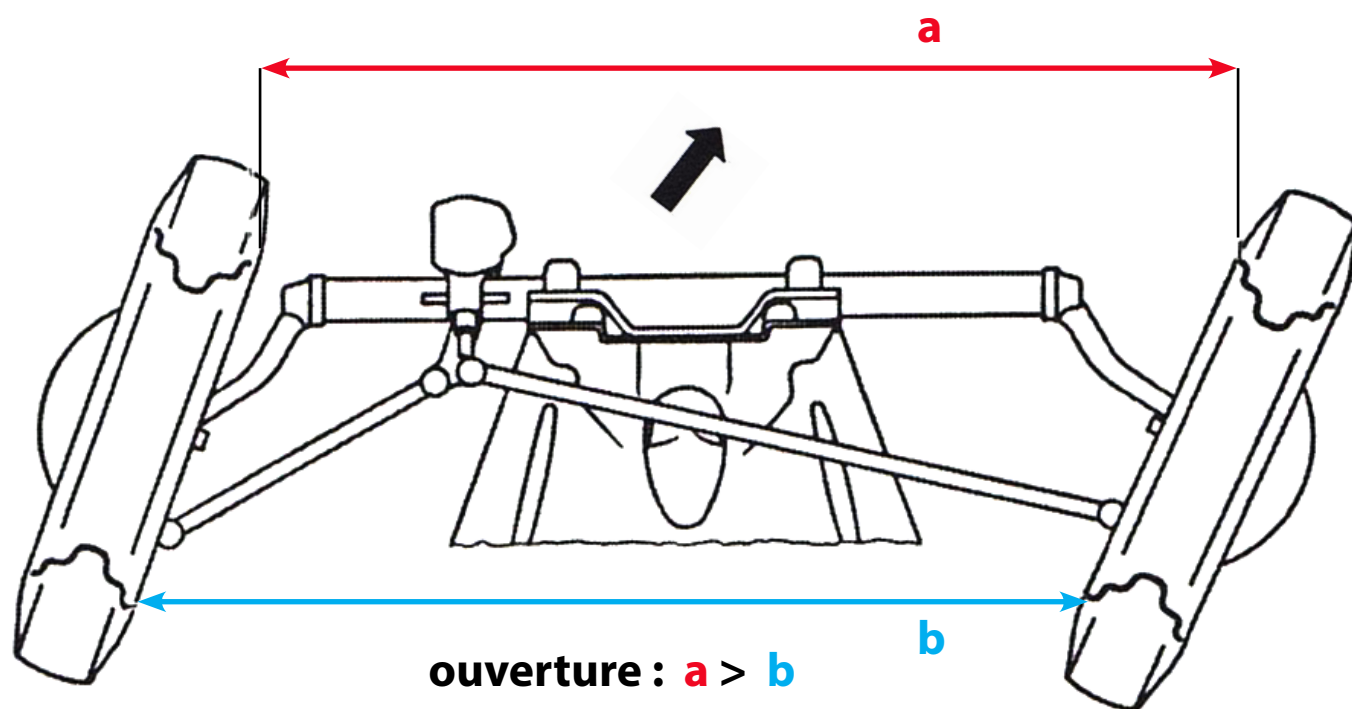
Dans une voiture à propulsion arrière, les roues avant sont poussées vers l'extérieur et doivent être corrigées par un pincement. Avec une voiture à traction avant, c'est l'inverse, les roues avant sont poussées vers l'intérieur et doivent être corrigées par un surcroît d'ouverture.

sieu avant. Contre le rebord de la jante à l'avant et à l'arrière.

Lorsque la ligne rouge est plus courte que la ligne bleue, il y a un pincement. Lorsque la voiture roule en ligne droite, le pincement garantit que les roues sont toujours parallèles.



angle de chasse et parallélisme



Le dessin ci-dessus montre la situation lorsque la voiture prend un virage. La roue intérieure a un rayon de braquage plus petit que la roue extérieure, de sorte que la roue intérieure devra tourner davantage. En raison des forces exercées sur les roues, la trajectoire passe d'un point neutre (ou un léger pincement ou parallélisme positif) en ligne droite à une ouverture (parallélisme négatif) lorsque la roue tourne.

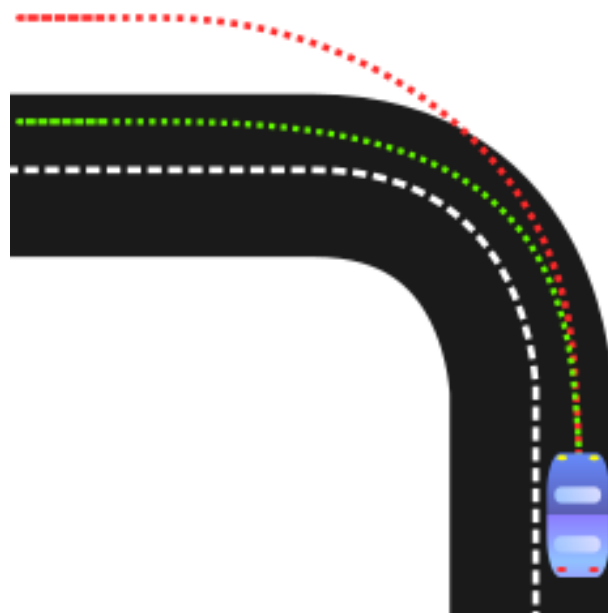
Si les rotules ou les axes de fusée sont mal alignés ou déformés, ou s'il y a trop de jeu dans les roulements de roue ou les composants de la direction, alors, à cause du désalignement, les pneus vont racler la route au lieu de rouler proprement, ce qui favorise l'usure des pneus.

Si l'on règle la géométrie avec beaucoup trop de parallélisme négatif (trop d'ouverture), les roues avant auront la position idéale dans les virages. La roue intérieure suit alors naturellement un rayon plus petit que la roue extérieure, et la voiture tourne proprement dans les virages sans que les pneus ne frottent sur la chaussée. Mais trop d'ouverture entraîne un volant de direction très sensible, qui réagit au moindre virage et fait changer la voiture de cap. La voiture devient très difficile de conduire en ligne droite. Le parallélisme positif est donc un meilleur choix ; il favorise la stabilité en ligne droite, et amortit toutes les irrégularités de la route pour améliorer le confort de conduite.

Avec les voitures à traction avant, c'est un peu différent, elles ont tendance à sous-virer (voir dessin à droite) dans les virages, le parallélisme négatif donne un peu plus de survirage pour compenser cet effet.

Le réglage du pincement est calculé par les ingénieurs de manière à ce que, dans des conditions normales, le pincement soit pratiquement nul. Le pincement affecte le comportement de la voiture à l'entrée d'un virage, l'usure des pneus et la stabilité en ligne droite.

Le sous-virage se produit lorsque l'adhérence maximale des pneus avant est dépassée. La voiture a alors tendance à prendre un virage moins prononcé (ligne pointillée rouge) que ce que le conducteur aurait pu attendre de l'angle de braquage. La voiture glisse, en quelque sorte, sur les roues avant vers l'extérieur du virage.



© wikipedia.org

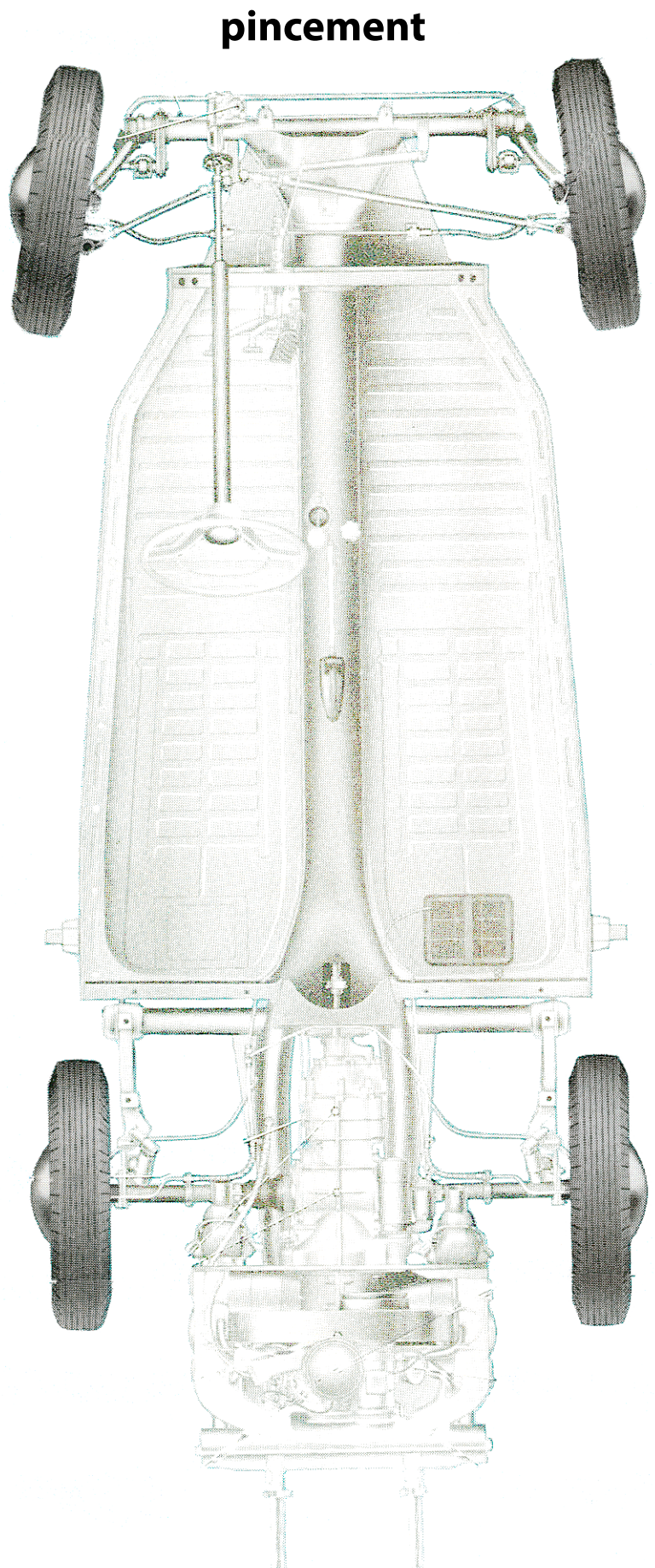


angle de chasse et parallélisme

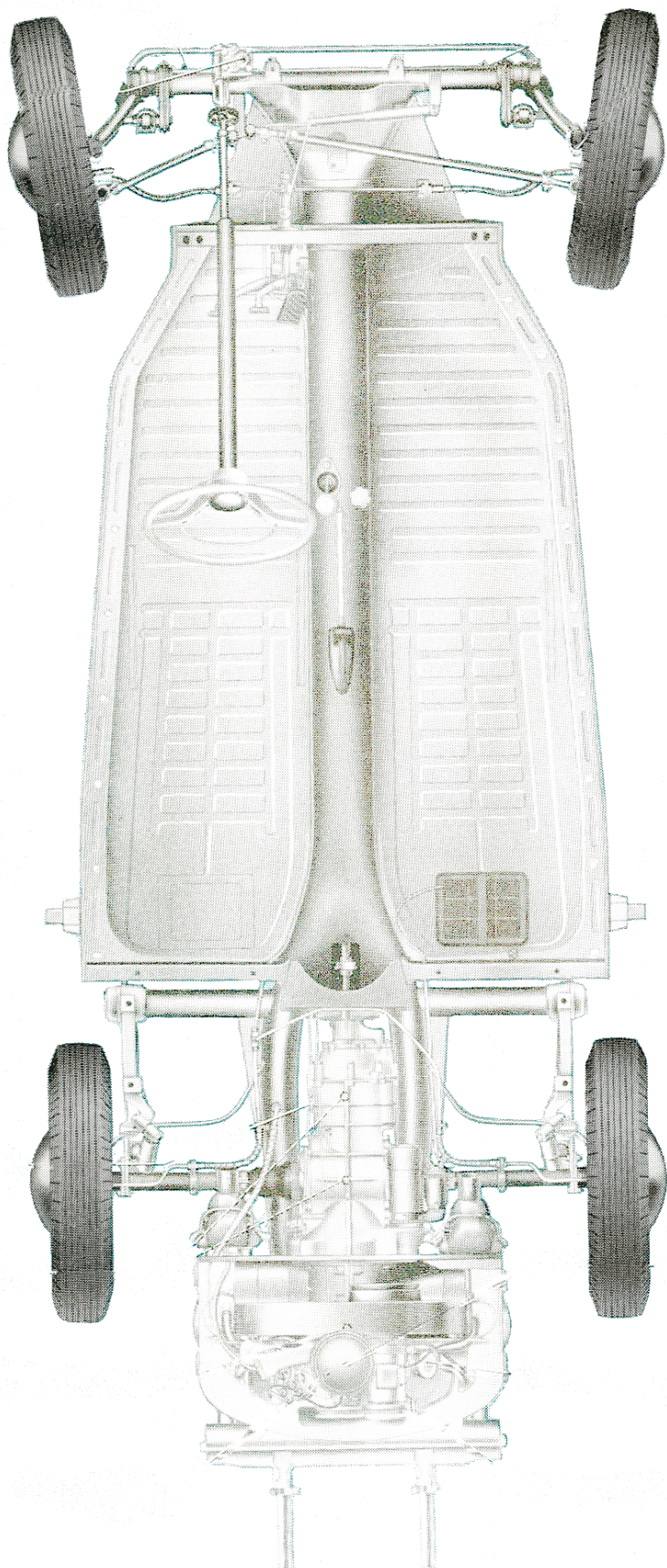
Quel est l'effet d'un désalignement du parallélisme ?
Un mauvais alignement aura un effet sur la tenue de route de la voiture, mais surtout sur l'usure des pneus.

Pincement: Si le pincement est trop important, les extrémités des pneus racleront la surface de la route et l'usure de ces extrémités sera visible. Un bon pincement a l'avantage d'augmenter la stabilité en ligne droite.

Les voitures, camions et SUV à propulsion arrière ont généralement un pincement des pneus car il offre une meilleure stabilité en ligne droite. L'inconvénient est que la réponse en virage est un peu plus lente. Lors d'un virage serré, le pincement se transforme en ouverture pour réduire le frottement des pneus car la roue intérieure passe dans un intervalle plus petit que la roue extérieure.



ouverture



Ouverture: Augmente la capacité de prise de virage et réduit le sous-virage. Lorsque la voiture commence à tourner vers un virage, la roue intérieure fait un angle plus agressif. Comme son rayon de braquage est plus petit que celui de la roue extérieure, elle tirera facilement la voiture dans cette direction. Cependant, cela réduit également la stabilité sur les lignes droites. Mais avec un réglage trop important, la voiture présentera un comportement instable à haute vitesse et pourra partir en vrille.

Les effets de parallélisme négatif (ouverture) se produisent surtout sur les voitures de course, car ces véhicules nécessitent un système de direction très réactif. Que vous participiez à un événement sur un petit circuit local ou que vous conduisiez sur l'asphalte du Nürburgring, de nombreuses voitures de course sont réglées avec un certain angle négatif.



angle de chasse et parallélisme

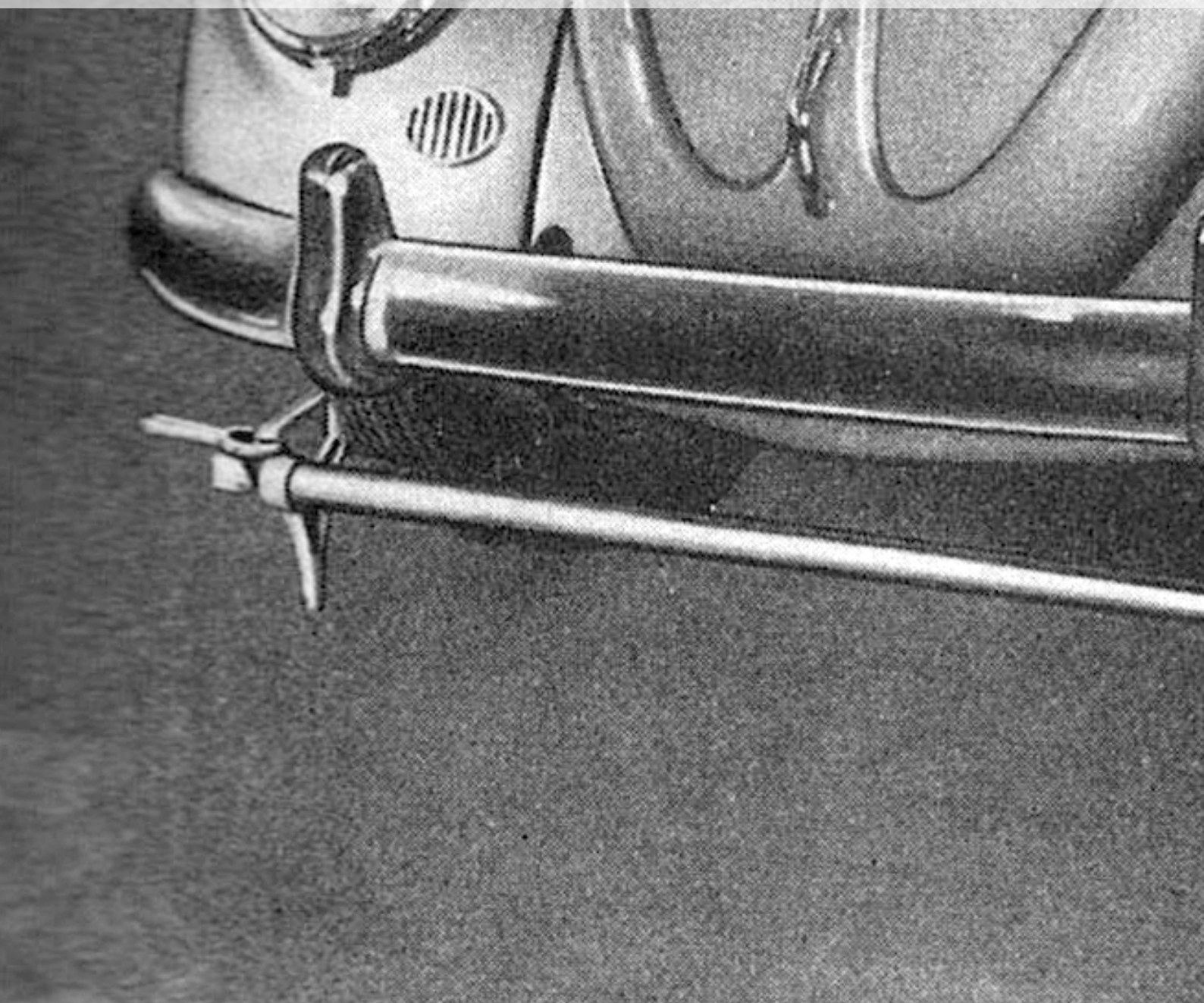


La géométrie de nos classiques a été soigneusement étudiée par les ingénieurs de l'usine. Un réglage idéal de la géométrie des roues pour une utilisation mixte sur l'autoroute et en ville donnera une usure minimale des pneus et un confort maximal avec la meilleure tenue de route. En cas de course sur circuit, la géométrie choisie dépendra de la piste.

S'il s'agit d'un sprint en ligne droite, on choisira une stabilité maximale en ligne droite. S'il y a de nombreux virages serrés, le contrôle du sous-virage et du survirage deviendra plus important. S'il s'agit d'une course d'endurance, l'usure des pneus devient une priorité.

En virage, cependant, le parallélisme négatif augmente la tendance au survirage de l'arrière de la voiture, ce qui est particulièrement mauvais pour les voitures de course à propulsion arrière. Le réglage du parallélisme

améliore le comportement de la direction. Le pincement réduit le survirage et l'ouverture réduit le sous-virage. Un parallélisme négatif excessif rendra la direction impossible et favorisera l'usure des pneus.



angle de chasse et parallélisme

Conclusion

Dans la prochaine édition, nous verrons quels réglages de la géométrie des roues peuvent être ajustés sur notre VW classique. Les informations que nous vous fournirons vous seront utiles lorsque vous emmènerez votre VW clas-

sique au spécialiste de pneus, elles vous serviront de guide pour effectuer le bon réglage. Vous serez également en mesure de mieux évaluer si la géométrie de la roue est conforme à ce qui est indiqué dans le manuel d'atelier.

Le réglage du pincement des roues avant tel qu'il était enseigné lors de la formation chez Volkswagen. Aujourd'hui, cela se fait avec des outils de précision, mais le principe reste identique.

Introduction

Dans [l'édition 25](#), nous avons montré comment remplacer le liquide de frein. Nous l'avons fait en rinçant les conduites de frein avec du liquide de frein neuf, à l'aide d'air comprimé. Le rinçage du circuit de freinage est recommandé après un certain nombre de kilomètres ou après deux ans. Si vous venez d'acheter une voiture ancienne, nous vous recommandons de rincer le circuit de freinage si vous ne disposez pas d'un historique d'entretien fiable. Après le rinçage, votre voiture disposera d'un liquide de frein frais, et les conduites de frein auront également été purgées. Bien entendu, le rinçage n'est pas toujours nécessaire. Si vous avez débranché un flexible ou une conduite de frein, ou si vous avez démonté un cylindre ou un étrier de frein, il suffit de purger une partie du circuit de freinage. Cela permet d'économiser du liquide de frein et c'est plus rapide qu'un rinçage complet.



Vous pouvez, bien sûr, purger avec les outils que nous avons montrés dans [l'édition 25](#), mais vous pouvez aussi le faire à l'ancienne, avec quelqu'un qui appuie sur la pédale de frein, en suivant la procédure correcte.

Il n'est pas recommandé de purger l'ensemble du circuit de freinage avec cette technique simple.

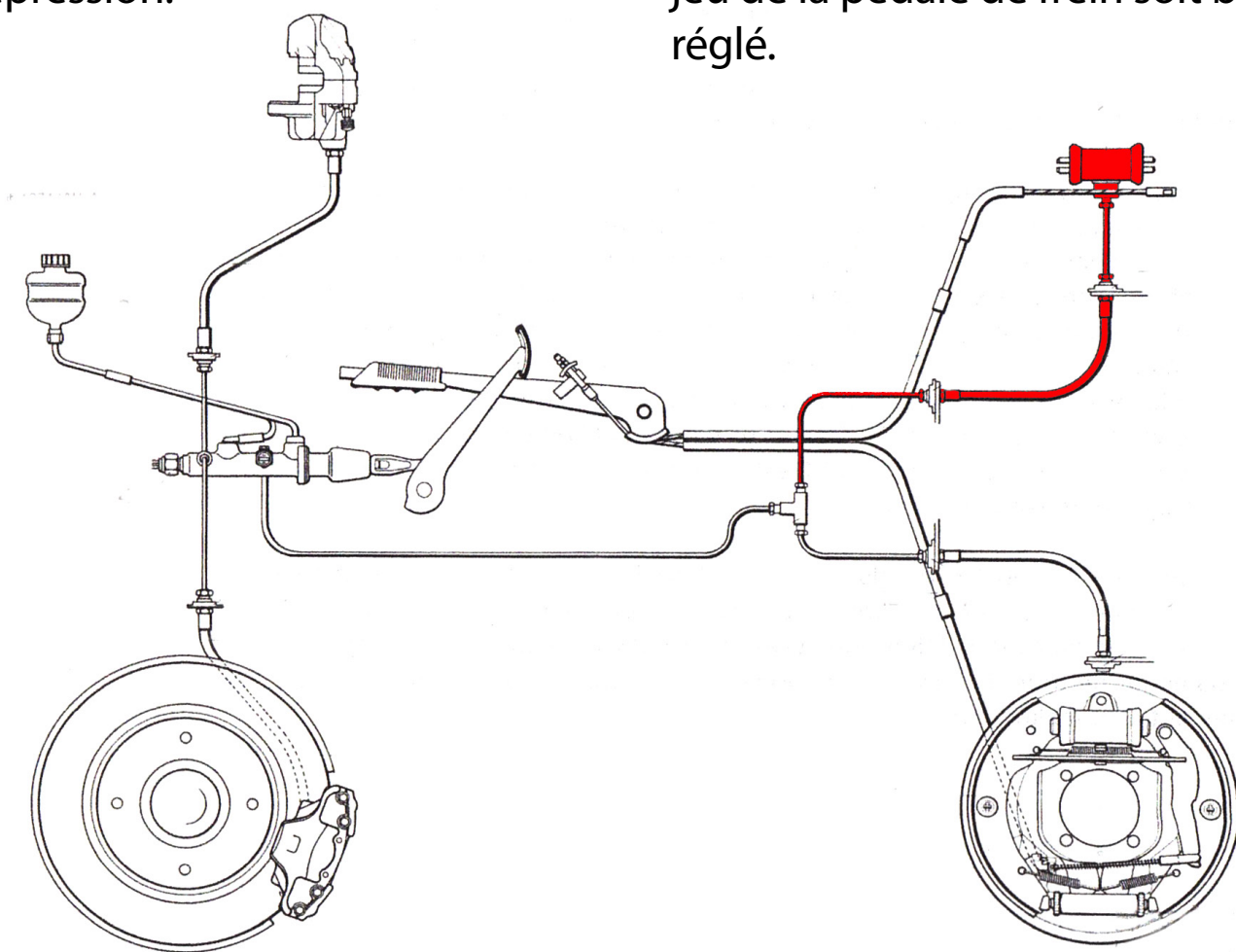


purge du circuit de freinage

Nous montrons ci-dessous un circuit de frein hydraulique typique. En **rouge**, la conduite du frein à tambour pour le frein arrière droit. La méthode que nous allons utiliser ici consiste à utiliser la pédale de frein pour faire sortir le liquide de frein, contrairement à la technique de [l'édition 25](#) où nous avons aspiré le liquide de frein du circuit de freinage avec un système à dépression.

La méthode dans laquelle nous utilisons la pédale de frein est le travail de deux personnes. Il est également recommandé de ne purger qu'une partie du circuit de freinage, et non de rincer toutes les conduites. Il importe peu qu'il s'agisse d'un frein à tambour ou d'un frein à disque.

Pour purger les freins, il faut que tous les freins soient bien réglés, qu'il n'y ait pas de fuites et que le jeu de la pédale de frein soit bien réglé.



Procédure à suivre

1 La première chose à faire est de trouver le réservoir de liquide de frein, et de le remplir de DOT3 ou DOT4 (voir [édition 25](#)). Pendant la purge, le niveau de liquide va baisser. Si vous purgez un seul frein, vous ne consommerez pas beaucoup de liquide de frein, et ce remplissage unique est généralement suffisant pour purger la conduite.

Si vous souhaitez purger une plus grande partie du circuit de freinage, un réservoir de recharge tel que celui illustré dans [l'édition 25](#) est utile, mais il peut alors être préférable d'utiliser un outil à pression pneumatique plutôt que cette méthode.

Protégez la peinture autour du réservoir; le liquide de frein peut être corrosif.

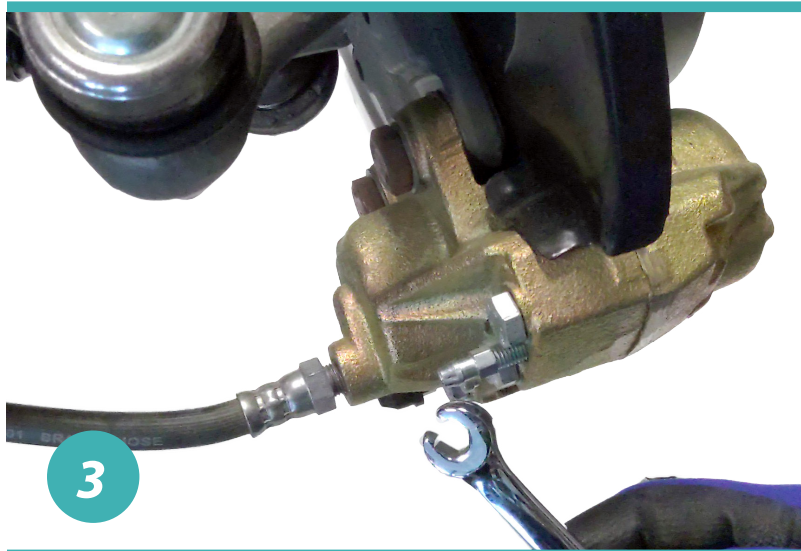


purge du circuit de freinage

2 Il est plus pratique de retirer la roue car tout sera plus accessible. Utilisez un cric de levage décent, et non le cric à ciseaux fourni avec la voiture. Si vous disposez d'un pont élévateur de garage, la roue peut rester en place, mais peu de passionnés possèdent ce luxe.

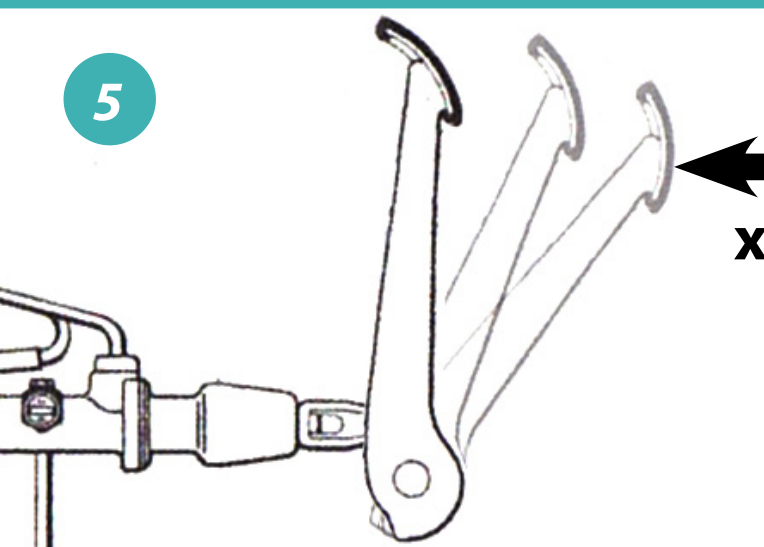


3 Retirez le capuchon en caoutchouc du mamelon de purge et placez une clé à anneau fermé (ou une clé semi-fermée) sur le mamelon. Le mamelon de purge est toujours situé au sommet de l'étrier (sur les freins à disque) ou du cylindre de frein de roue (sur les freins à tambour). L'air a toujours tendance à aller vers le point le plus haut, c'est pourquoi le mamelon se trouve toujours au point le plus haut.

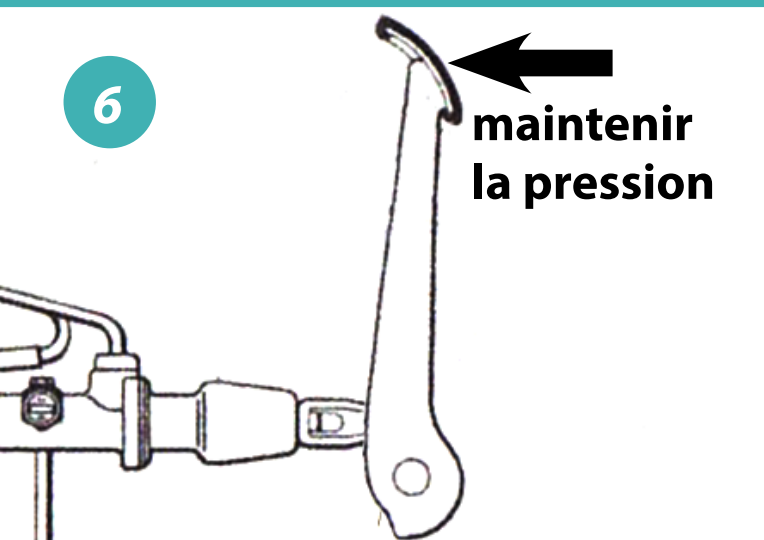


4 Utilisez un tuyau transparent avec une bouteille de récupération. Nous utilisons une bouteille d'huile moteur en plastique vide, avec un crochet pratique pour fixer la bouteille au châssis.

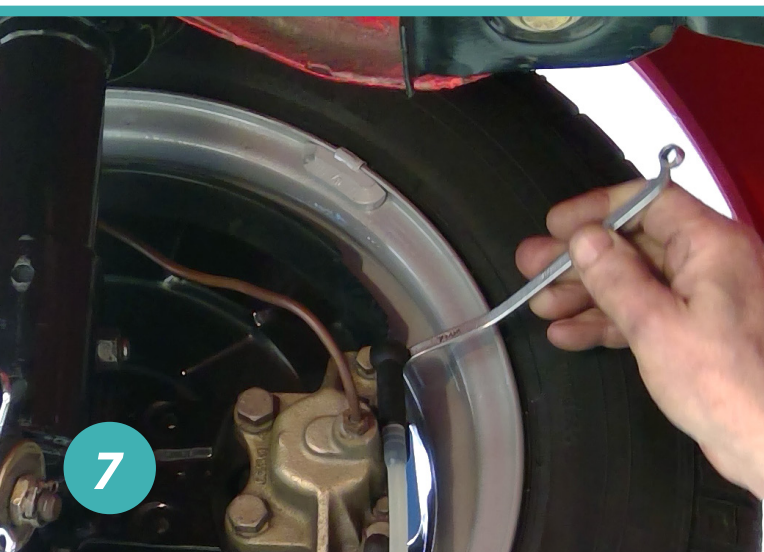




Vous comprendrez rapidement qu'il s'agit d'un travail à deux, une personne au niveau du mamelon de purge et une autre qui appuie sur la pédale de frein et vérifie le niveau du réservoir de liquide de frein.



5 Avec le mamelon fermé, appuyez fermement sur la pédale de frein plusieurs fois jusqu'à ce que vous commenciez à sentir une contre-pression. S'il y a beaucoup d'air dans le circuit de freinage, il se peut qu'il soit encore très spongieux et que vous puissiez appuyer sur la pédale de frein jusqu'à la butée.



6 Après avoir appuyé une dizaine de fois sur la pédale de frein, appuyez sur la pédale et maintenez-la enfoncée, en continuant à exercer une pression.

7 Vous ouvrez le mamelon de purge d'un quart ou d'un demi-tour au maximum pendant que vous appuyez fermement sur la pédale de frein. Un peu de liquide de frein avec des bulles d'air doit



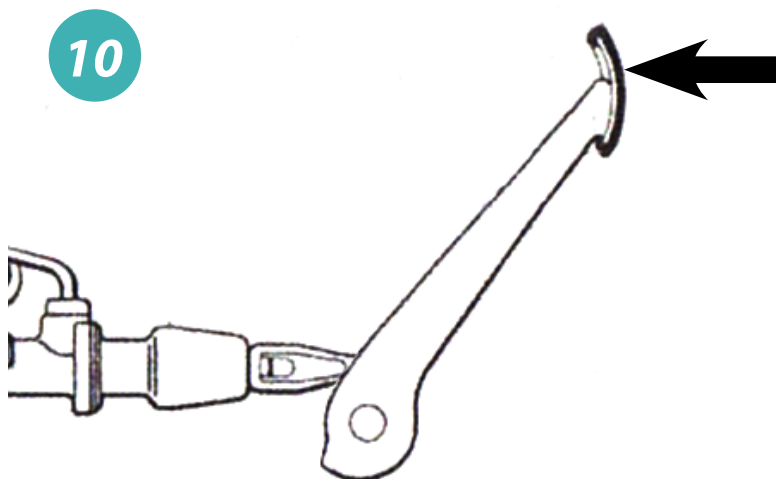
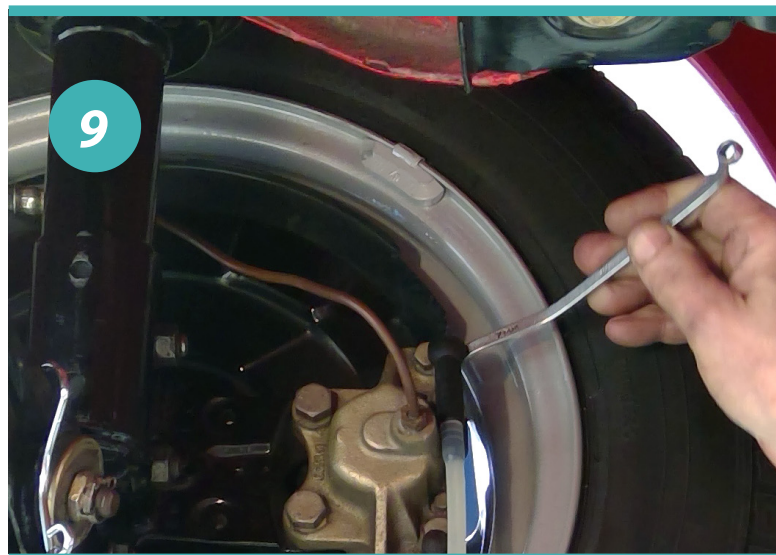
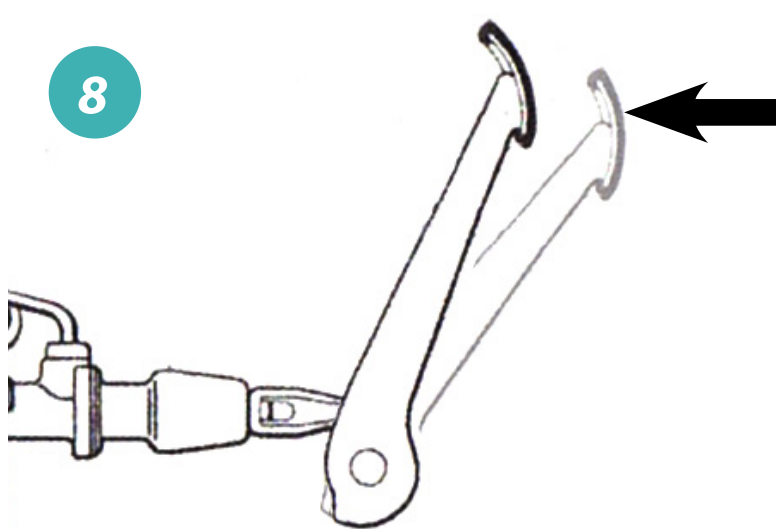
purge du circuit de freinage

s'écouler par le tuyau transparent. Laissez le liquide de frein s'écouler pendant quelques secondes et fermez le mamelon de purge. N'oubliez pas de vérifier le niveau de liquide de frein dans le réservoir !

8 Une fois le mamelon fermé, recommencez à appuyer fermement sur la pédale de frein à plusieurs reprises, puis maintenez-la enfoncée. Au fur et à mesure que le circuit de freinage est purgé, la pédale de frein ne pourra plus être enfoncée aussi profondément, comme nous le montrons sur le dessin 8.

9 Pendant que vous exercez une pression sur la pédale de frein, ouvrez à nouveau le mamelon et laissez le liquide de frein s'écouler dans le flacon de récupération. Vous devriez encore voir quelques bulles d'air s'écouler avec le liquide de frein.

10 Répétez cette opération jusqu'à ce que vous ne voyiez plus de bulles. Cela sera confirmé par la contre-pression sur la pédale de frein.



Si les choses ne se passent pas comme prévu ?

Ce qui semble être un travail facile est la corvée la plus sous-estimée sur les voitures anciennes. Ce n'est que lorsque le circuit de freinage de votre voiture ancienne est en parfait état que la purge est relativement facile. Dans le cas contraire, la purge peut prendre une éternité et parfois ne jamais vraiment réussir. Nous abordons ci-dessous les raisons les plus courantes.

Fuites

Avant de purger le circuit de freinage, assurez-vous qu'il n'y a pas de fuites. Vérifiez les connexions au niveau du réservoir de liquide de frein, du maître-cylindre, toutes les connexions entre les conduites métalliques et les tuyaux en caoutchouc, et les connexions aux étriers et/ou aux cylindres de frein. Une petite fuite provoquera l'écoulement du liquide de frein, mais tout aussi grave, elle provoquera l'aspiration de l'air. La purge devient alors une corvée sans fin.

Contaminations

Les fluides ne sont pas compressibles. Le liquide de frein est conçu pour ne bouillir qu'à des températures très élevées. Si le liquide de frein est contaminé par des restes de caoutchouc des flexibles de frein ou de métal des conduites de frein, ou pire par de l'eau provenant de la condensation, les propriétés de ce liquide changent.

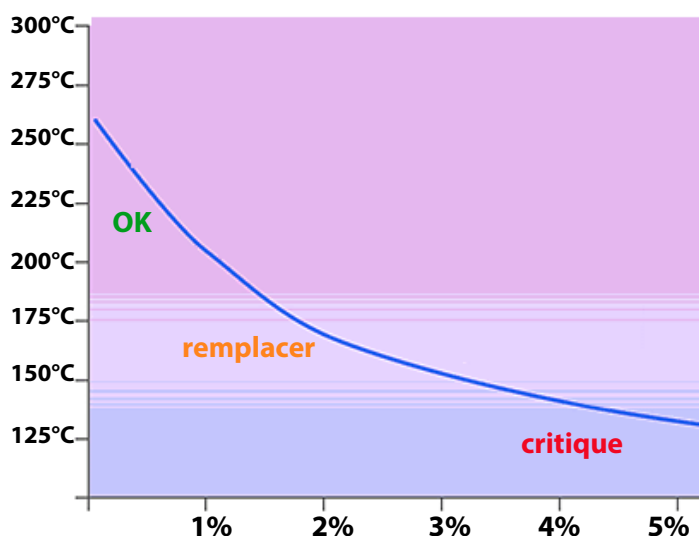
Eau

La présence d'eau dans le liquide de frein entraîne une baisse de la température d'ébullition. Lorsque les freins sont soumis à de fortes charges, des bulles d'air se forment et le liquide de frein se comprime. En conséquence, la pédale de frein est molle et vous devez appuyer plus fort. Il est donc possible que le circuit de freinage soit parfaitement purgé, mais en cas d'utilisation fréquente de la pédale de frein, le liquide de frein



purge du circuit de freinage

se réchauffe et la pédale de frein devient de plus en plus molle jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de force de freinage. Les bulles d'air dans le circuit de freinage se font sentir lorsque vous appuyez sur la pédale de frein. Si la pédale continue à descendre lorsque vous exercez une pression avec votre pied, il y a probablement une bulle d'air quelque part.



Un tableau indiquant le rapport entre le pourcentage d'eau et la température du liquide de frein DOT3. A partir de 2% d'eau, il faut rincer le circuit.

Réglage des freins

Notez que si les freins à tambour sont mal réglés, la pédale de frein donnera la même sensation de souplesse que s'il y avait de l'air dans le système.

Rincer

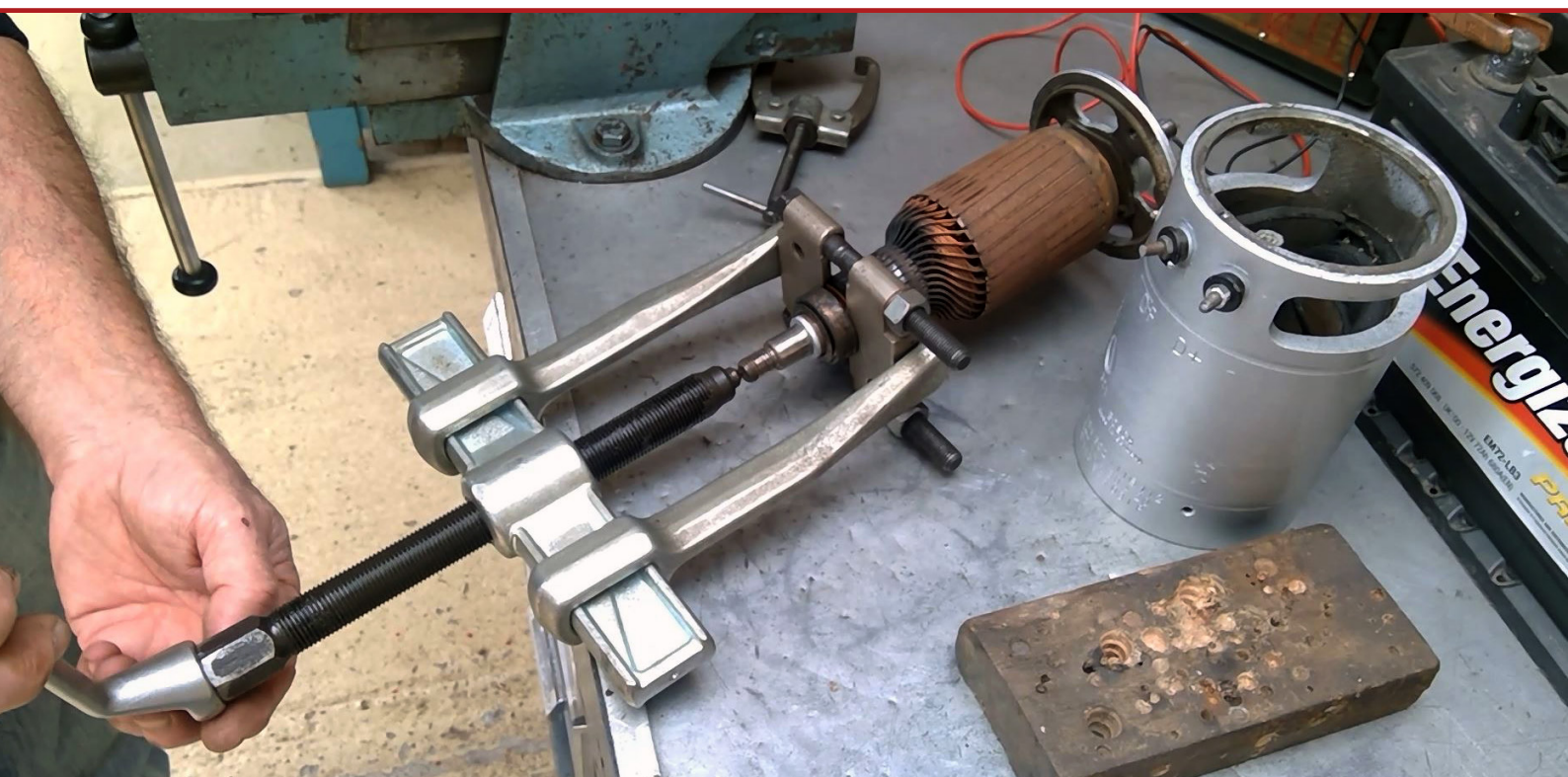
Si la pédale continue à être spongieuse, même après avoir purgé plusieurs fois le circuit de freinage, il est possible qu'il y ait de l'eau, ou d'autres contaminants, dans le liquide de frein. Les résidus de caoutchouc ou de métal assombrissent le liquide de frein, mais vous ne pourrez malheureusement pas détecter la présence d'eau. Si le liquide est de couleur foncée, vous devrez continuer à appuyer sur la pédale jusqu'à ce que le liquide devienne transparent. Si c'est le cas, il est préférable de rincer le circuit de freinage comme expliqué dans [l'édition 25](#). La purge d'une partie du circuit de freinage ne donnera pas de bons résultats. Nous recommandons le rinçage si vous ne connaissez pas l'historique de votre VW.

Introduction

Une voiture reçoit le courant électrique nécessaire de la batterie. Ce courant est nécessaire pour faire tourner le démarreur, pour l'allumage et pour fournir l'énergie nécessaire à tous les consommateurs électriques. La batterie est un accumulateur d'énergie électrique ; l'énergie utilisée par la batterie doit être reconstituée par un générateur électrique. Comme la batterie est une source de courant continu (voir [édition 17](#)), elle doit également être chargée par une source de courant continu.

Et voilà le premier défi, tous les générateurs produisent du courant alternatif. Par conséquent, diverses techniques ont été appliquées pour transformer ce courant alternatif en courant continu. Dans cet article, nous allons expliquer les principes du générateur. Pourquoi est-ce intéressant ? C'est la réaction de la plupart des amateurs de VW.

Photo ci-dessous : après avoir lu cette série, vous serez capable de distinguer d'un coup d'œil les pièces d'une dynamo et d'un alternateur.



fonctionnement de la dynamo

Les désignations kryptiques sur le générateur créent la confusion pour l'amateur VW inexpérimenté.



Cet article est rédigé en plusieurs parties. Dans cette édition, nous expliquerons le principe de fonctionnement de la dynamo.

Lorsque vous avez démonté ou révisé la dynamo ou l'alternateur, le branchement est toujours un peu compliqué. Vous avez peut-être remarqué ces marques sur la dynamo ou sur le régulateur de tension, B+, D+, DF, D-, ... mais vous n'avez aucune idée de leur signification. Alors vous commencez à chercher et à essayer. Essayer n'est pas une option, vous n'avez généralement pas de seconde chance avec ce type de pièce.

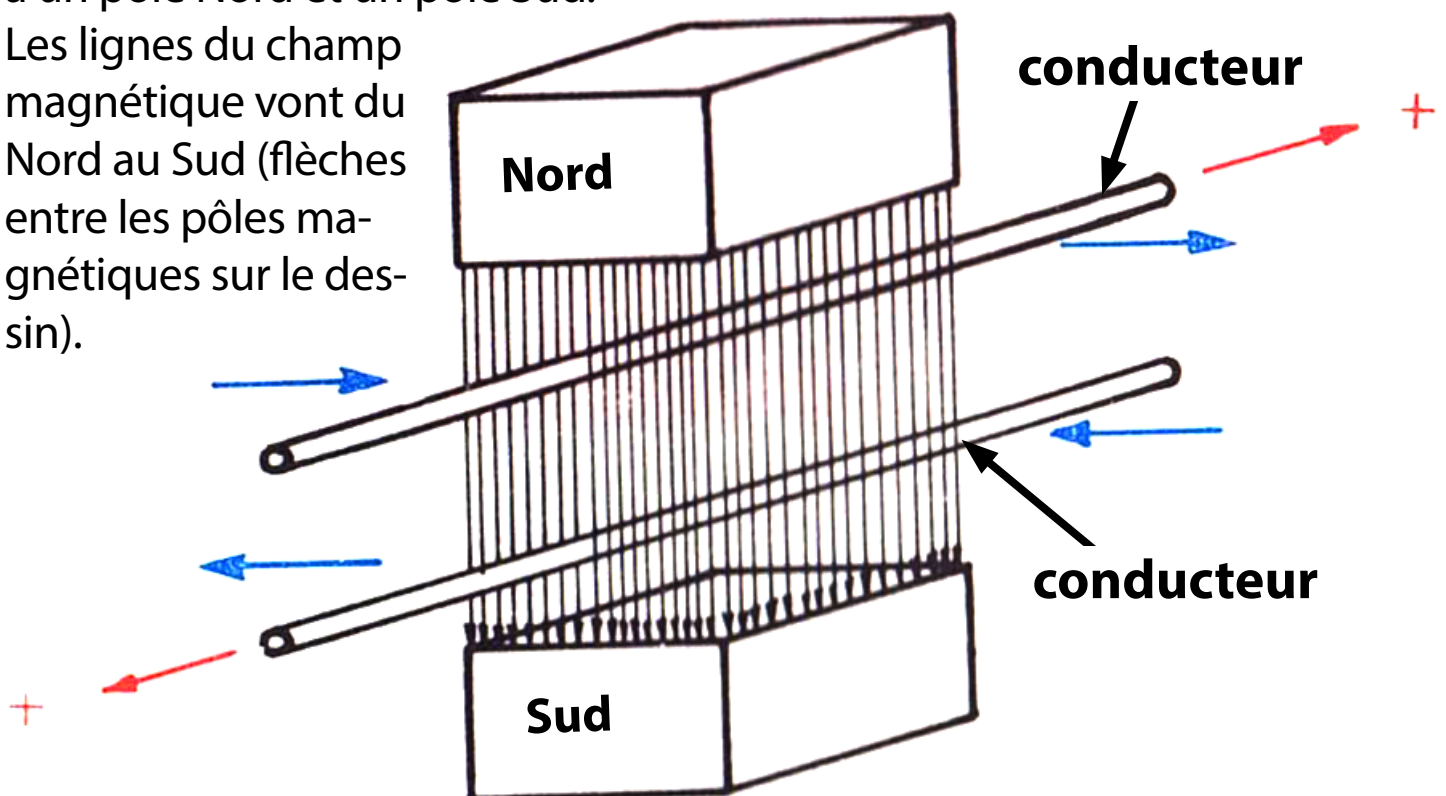
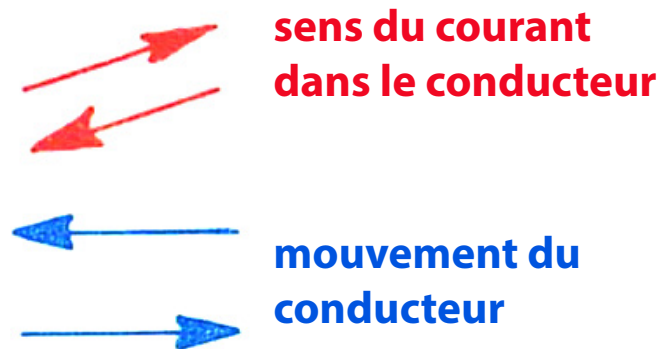
Dans les éditions suivantes, nous aborderons l'alternateur, ainsi que la révision complète et le raccordement de la dynamo et de l'alternateur.

Alors, ne serait-il pas agréable de savoir ce que DF signifie, par exemple ? Et ce que D+ signifie ? Si vous savez ce qui se cache derrière ces lettres, codes et chiffres, le branchement du générateur se fera comme sur des roulettes. Dans cet article, nous allons vous expliquer le principe de fonctionnement de la dynamo. Mais, nous commençons d'abord par le début, l'origine du courant électrique.

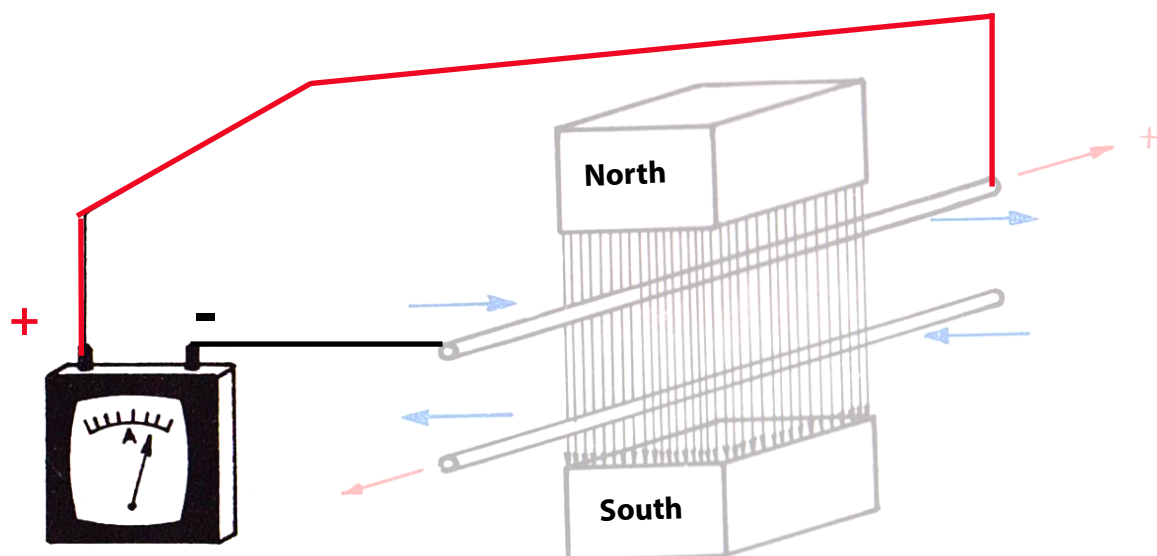
Générer du courant électrique

Si nous revenons aux bases, et essayons de comprendre comment un générateur peut produire du courant électrique, nous devons voir ce qui se passe lorsqu'un conducteur électrique (câble électrique) se déplace dans un champ magnétique. Pour cela, nous nous plongeons dans de vieux manuels scolaires et trouvons de magnifiques dessins que nous allons partager avec vous. Nous prenons un aimant permanent, un tel aimant permanent a un pôle Nord et un pôle Sud. Les lignes du champ magnétique vont du Nord au Sud (flèches entre les pôles magnétiques sur le dessin).

Maintenant, que se passe-t-il lorsque nous déplaçons un conducteur électrique entre les pôles de cet aimant permanent ?



fonctionnement de la dynamo



Ce qui nous intéresse pour expliquer le fonctionnement d'un générateur (ou moteur) électrique, ce sont les lignes de champ magnétique présentes à l'intérieur de l'aimant. En effet, nous allons les utiliser pour produire un courant électrique. L'expérience se déroule comme suit.

Vous prenez un conducteur électrique (câble) et vous le faites traverser les lignes de champ magnétique de l'aimant, les flèches bleues sur le dessin l'illustrent. Si vous connectez un ampèremètre au câble en mouvement, vous observerez un courant électrique lorsque le câble traverse les lignes de force.

La tension associée à ce courant est appelée **force électromotrice (FEM)** ou **Electromotive Force (EMF)** en anglais. Si vous déplacez le câble dans l'autre sens, la force électromotrice est à nouveau créée, mais avec une polarité inverse.

Si vous déplacez le câble de gauche à droite et de droite à gauche de manière répétée, le courant (ou la tension) fluctue du positif au zéro, au négatif, au zéro, au positif...

Eurêka, vous avez découvert le courant alternatif (ou la tension alternative).

Eurêka! Vous avez découvert le générateur! Malheureusement (ou heureusement), Alessandro Volta l'avait déjà fait il y a plus de 200 ans. Pour fabriquer un générateur utilisable pour notre voiture, nous avons besoin de quelques développements supplémentaires.

Lorsque le conducteur électrique se déplace perpendiculairement aux lignes de force de l'aimant, la FEM développée est maximale. Les facteurs ci-dessous déterminent l'importance de la FEM développée :



1. **plus la force du champ magnétique est grande, plus la tension développée est grande**
2. **plus le conducteur se déplace rapidement entre les lignes du champ magnétique, plus la tension développée est élevée**
3. **plus le conducteur électrique qui se déplace entre les lignes de champ magnétique est long, plus la tension développée est élevée**
4. **le sens du mouvement détermine la polarité de la tension développée**

Nous pouvons représenter ces facteurs par une formule simple (dérivée de la loi de Faraday), comme suit : la force électromagnétique développée est d'autant plus grande que l'aimant est puissant, que la longueur

du conducteur électrique est grande et que la vitesse de déplacement du conducteur est grande. Résumée en une formule mathématique :

$$FEM = B \times l \times v$$



fonctionnement de la dynamo

B = l'intensité du champ de l'aimant permanent, qui s'exprime en teslas

l = la longueur du conducteur électrique, exprimée en mètres

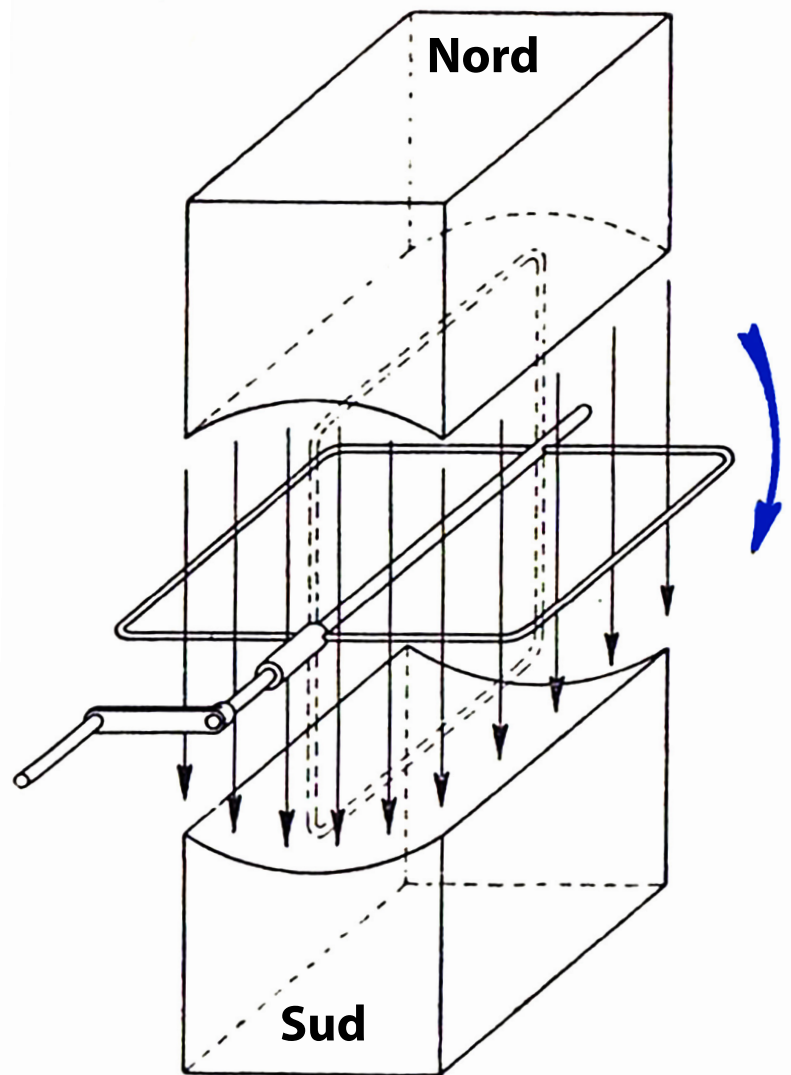
v = la vitesse à laquelle le conducteur se déplace dans le champ de force magnétique, exprimée en mètres par seconde

En prenant un aimant permanent de taille moyenne de 0,1 tesla, un conducteur de 0,1 mètre et en le déplaçant à une vitesse de 4 km/h (= 1,11 mètre par seconde) perpendiculairement aux lignes de force magnétiques, on obtient une tension de :

$$\text{FEM} = 0.1 \times 0.1 \times 1.11 = 0,01 \text{ volt}$$

Ce n'est pas suffisant pour recharger notre batterie. Cette disposition n'est pas non plus pratique. Il est beaucoup plus pratique de faire tourner le conducteur sur un arbre entraîné par le moteur (vilebrequin) de notre voiture.

Le dessin ci-dessous montre un tel dispositif dans lequel le conducteur tourne entre les pôles magnétiques.



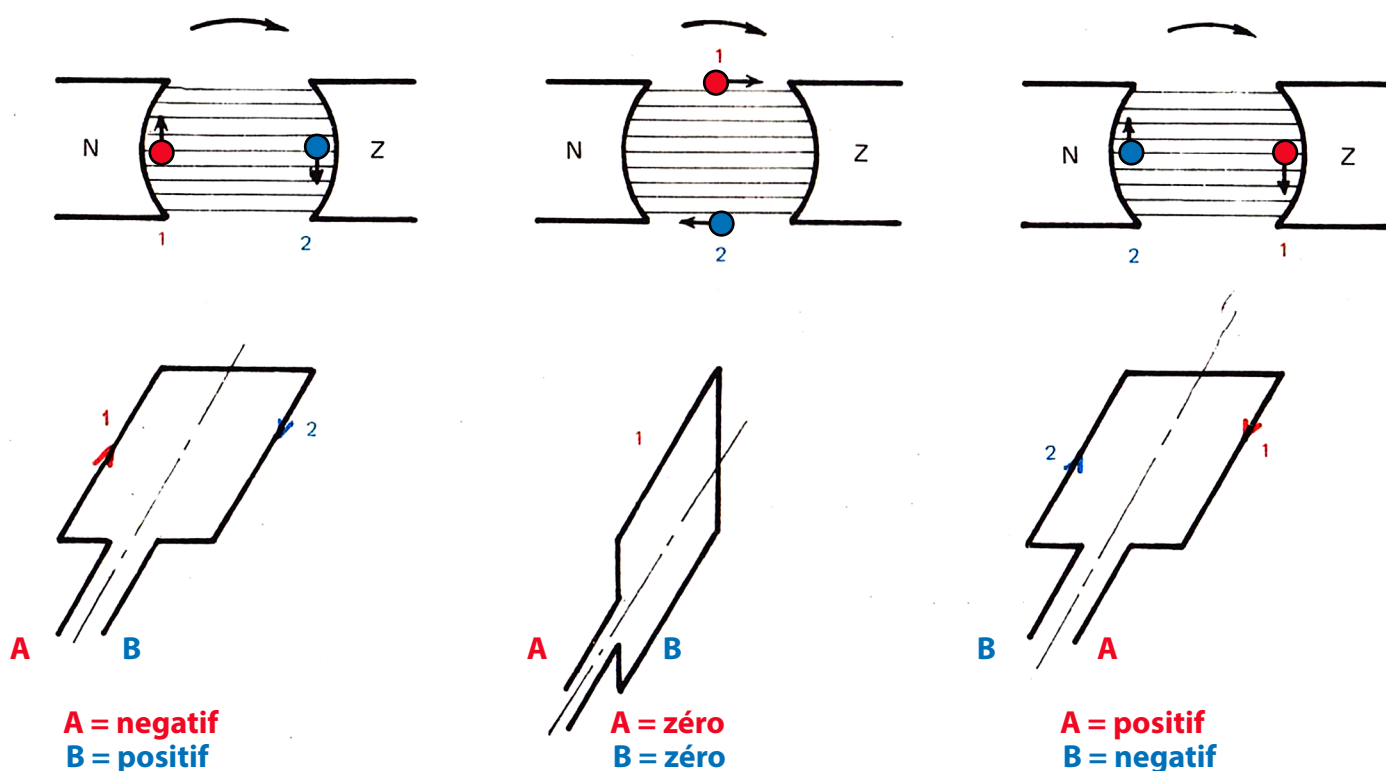
Vous remplacez la manivelle par un vilebrequin et vous avez la base d'un générateur automobile.

Si nous faisons tourner le conducteur comme indiqué sur le dessin de la page précédente et ci-dessous, il ne se déplacera pas toujours perpendiculairement aux lignes magnétiques, et donc la FEM ne sera pas toujours maximale. Le courant généré sera le plus fort lorsque le conducteur traverse les lignes magnétiques perpendiculairement (dessin à l'extrême gauche et à l'extrême droite ci-dessous), et le courant généré sera nul lorsque le conducteur se déplace parallèlement aux lignes magnétiques (dessin du milieu ci-dessous).

Par conséquent, nous devons modifier la formule de la page 36 comme suit (si seulement nous avons été attentifs en cours de mathématiques!):

$$\text{FEM} = B \times l \times v \times \sin(\text{angle})$$

Sur la page suivante, nous montrons les valeurs du sinus pour un angle de zéro à 360°. Le calcul du sinus d'un angle peut être effectué à l'aide d'une calculatrice scientifique.



fonctionnement de la dynamo

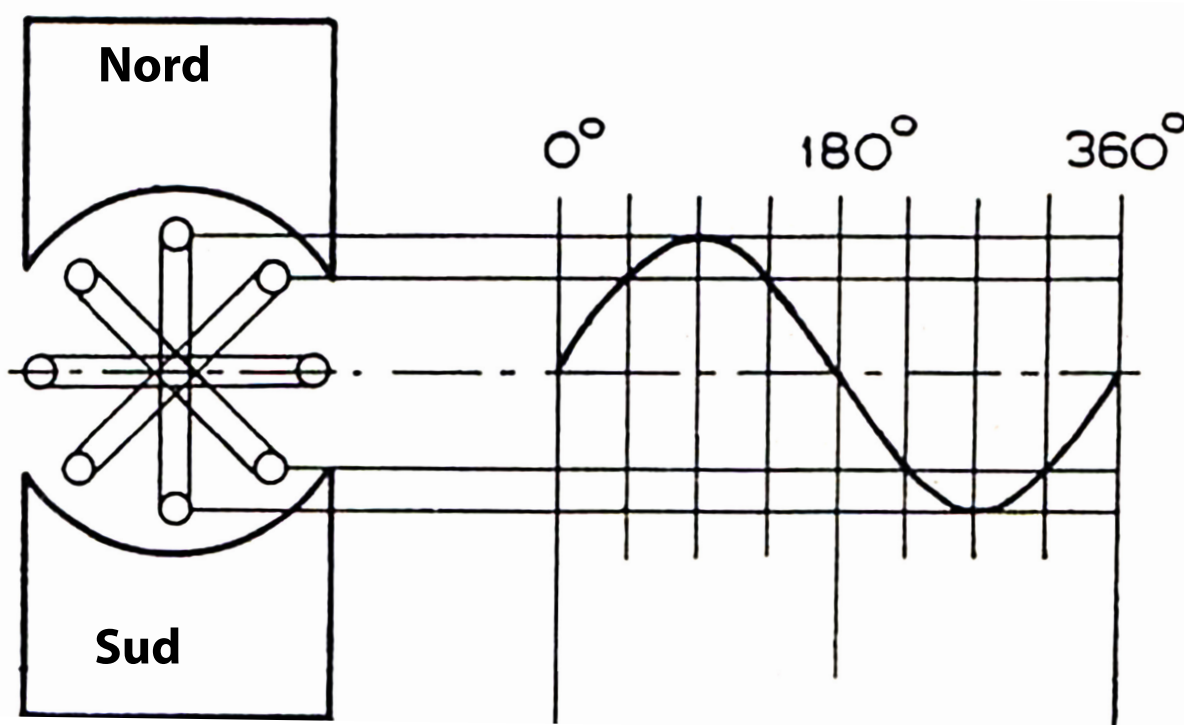
Ainsi, la FEM générée sera maximale positive lorsque le conducteur électrique croise les lignes magnétique à un angle de 90° , et maximale négative à un angle de 270° , et nulle à un angle de 0° et 180° .

Si vous calculez la formule pour chaque angle, et que vous remplacez le sinus de l'angle par les valeurs du tableau, vous obtenez une courbe de tension sinusoïdale comme indiqué ci-dessous.

angle	sin(angle)
0°	0
45°	0,71
90°	1
135°	0,71
180°	0
225°	-0,71
270°	-1
315°	-0,71
360°	0

Et voilà la tension alternative (ou courant alternatif) dont nous avons parlé dans le [numéro 17](#).

Ci-dessous, nous montrons à nouveau l'aimant permanent avec un conducteur électrique tournant entre les pôles magnétiques et traversant les lignes de force. À sa droite, nous avons dessiné le niveau de tension à chaque angle.

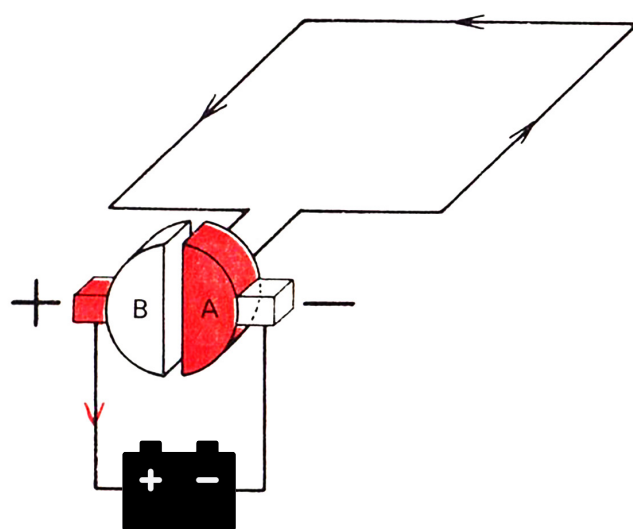
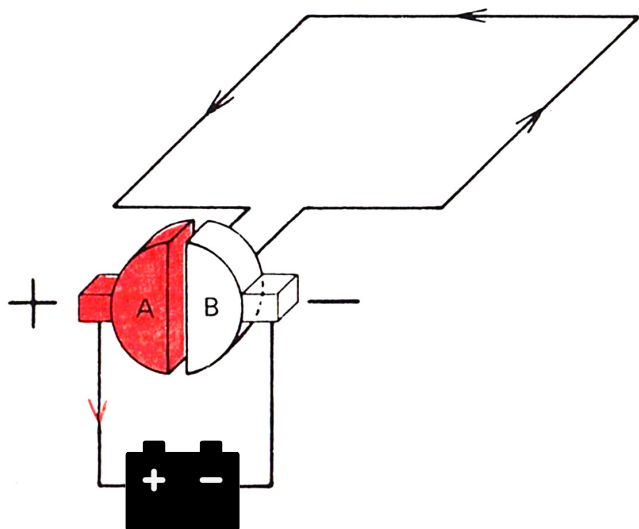


Lorsque le conducteur croise les lignes de force magnétique perpendiculairement (90°), la FEM développée est maximale. S'il croise les lignes de force selon un angle différent, la force électromagnétique devient plus faible, elle est multipliée par le sinus de l'angle. La polarité s'inverse lorsque le conducteur change de direction.

La tension développée par tout type de générateur est une tension alternative. Comme nous l'avons déjà mentionné, la batterie de notre voiture ne peut être rechargée qu'avec une tension continue. Pour convertir la tension alternative en tension continue, nous avons relié le conducteur au consommateur électrique au moyen d'un collecteur. Nous montrons le principe du collecteur dans les dessins ci-dessous. Le conducteur, qui tourne entre les pôles magnétiques, est relié au collecteur. Le collecteur entre en contact avec le consommateur (dans ce cas, une batterie) par l'intermédiaire d'un balai de charbon.

Chaque fois que la tension passe par zéro volt, le sens du courant dans le consommateur électrique est inversé. La partie négative de l'onde sinusoïdale devient maintenant positive. C'est ce qu'on appelle **redresser** une tension alternative.

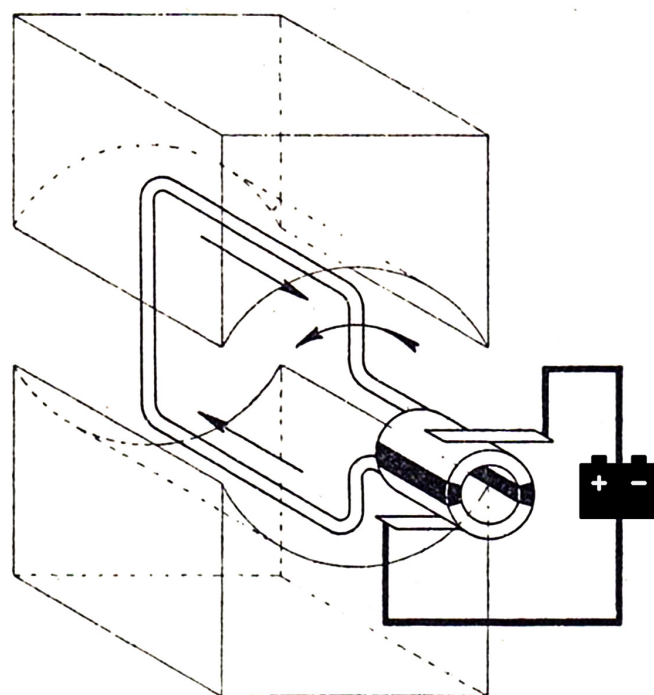
Dans les dessins ci-dessous, imaginez le collecteur en train de tourner, avec le conducteur attaché. Les charbons glissent sur la surface lisse en cuivre du collecteur et conduisent le courant électrique vers le consommateur.



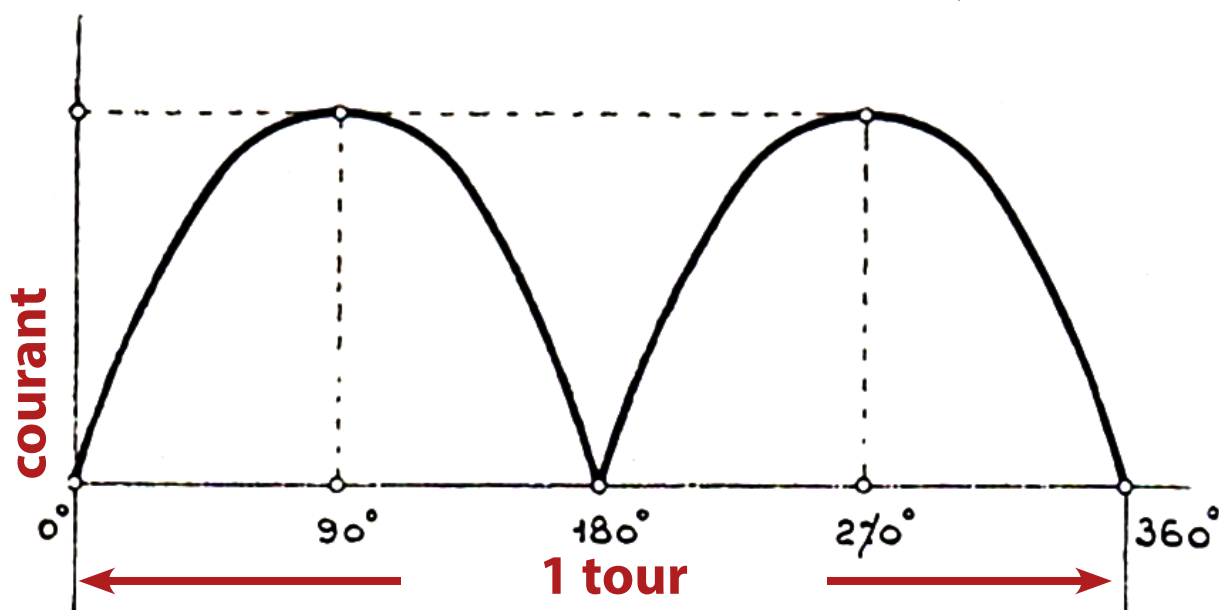
fonctionnement de la dynamo

En pratique, le collecteur est une bague collectrice en cuivre (dessin à droite), divisée en parties égales par des matériaux isolants. Le résultat est que la tension à la sortie du générateur n'est plus du type tension alternative, mais une tension continue.

Le résultat après l'introduction d'un collecteur est donc une tension continue. Mais cette tension continue est encore très irrégulière, et trop faible. Pour obtenir une tension plus forte et plus plate, on place plusieurs conducteurs en cuivre (enroulements) en série entre les aimants. En les connectant les uns après les



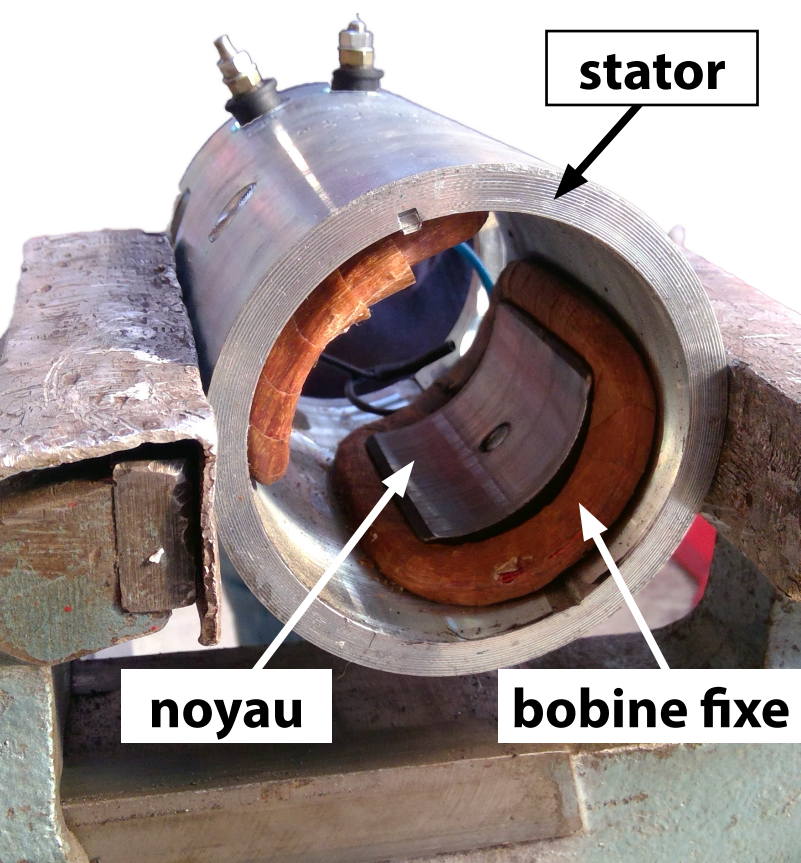
autres, les courants générés s'additionnent et la tension générée devient plus plate. Tous ces enroulements sont enroulés sur un noyau de fer doux, dont les extrémités sont reliées au collecteur. L'ensemble forme alors l'armature de la dynamo.



Remplacement de l'aimant permanent par un électro-aimant

La théorie des pages précédentes est prometteuse, mais **une tension de 0,01 volt n'est pas assez forte**, il nous faut au moins 6 ou 12 volts. Le moteur de notre Volkswagen classique ne tourne pas toujours à la même vitesse. Par conséquent, la tension développée ne sera pas non plus constante, mais variera en fonction de la vitesse du moteur. Il fallait trouver des solutions pour toutes ces limitations. Pour développer la tension nécessaire de 6 ou 12 volts, nous

devrions utiliser un aimant permanent géant. Il n'est pas possible de l'intégrer à notre voiture. Cela augmenterait le coût, l'espace disponible, ainsi que le poids. Un aimant permanent ne permettrait pas non plus de réguler la tension générée avec l'augmentation du régime moteur. Nous le savons grâce à notre vélo d'autrefois, la dynamo était équipée d'un aimant permanent, et les lumières brillaient d'autant plus fort que l'on pédalait. L'aimant permanent est donc remplacé par un électroaimant (bobine fixe avec noyau).



Sur la gauche, nous voyons le stator de la dynamo contenant l'électroaimant (bobines fixes avec noyaux). L'électroaimant d'une dynamo a un faible champ magnétique après avoir coupé la tension à la borne DF, c'est le magnétisme rémanent. Il est donc important de polariser une dynamo avant de l'utiliser. Nous expliquerons cela dans un prochain numéro.



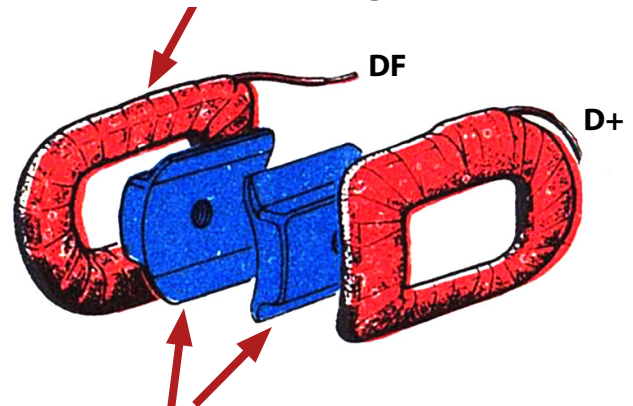
fonctionnement de la dynamo

Un électro-aimant est constitué d'un noyau ferromagnétique, par exemple en fer doux, autour duquel est enroulée une bobine (dessin à droite). Sur la page précédente, nous avons montré un tel électro-aimant dans une dynamo Bosch. Cet électro-aimant est plusieurs fois plus puissant qu'un aimant permanent et augmente le **B** de la formule FEM de la page 38.

$$\text{FEM} = B \times l \times v \times \sin(\text{angle})$$

Sur la page précédente, vous voyez le stator d'une dynamo Bosch dans l'étau. La partie rotative (le rotor) est démontée et vous pouvez voir les enroulements avec leurs noyaux polaires à l'intérieur du stator. Les noyaux sont solidement fixés à l'aide de vis épaisses (photo de droite). La puissance de l'électro-aimant dépend de la tension connectée à la bobine fixe, aussi appelée bobine d'induction (DF, F pour l'anglais FIELD).

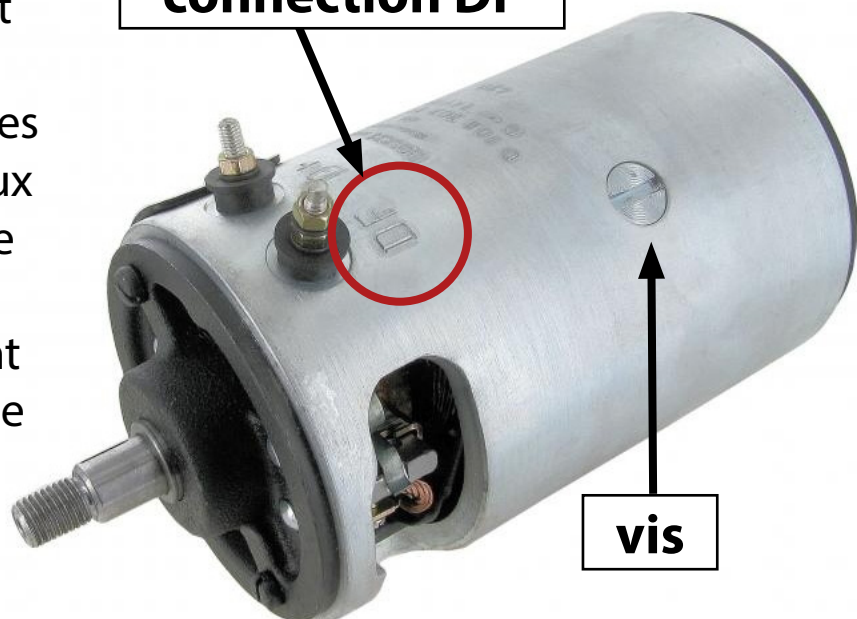
bobine fixe (bobinage d'induction)



noyau
(noyau ferromagnétique)

Vous pouvez utiliser cette configuration pour contrôler la tension développée (FEM) en contrôlant la tension sur la bobine fixe (DF). Ainsi, en fonction de la vitesse de rotation du moteur, vous pouvez ajuster la puissance de la dynamo.

connection DF



Les bobines d'induction que nous avons déjà montrés à la page 44, alors encore montés dans le boîtier de la dynamo (stator), nous les montrons maintenant ci-dessous séparément. A gauche avec le ruban de protection en papier utilisé pour protéger les enroulements avant de les fixer dans le boîtier de la dynamo, à droite avec le ruban enlevé. Les bobines d'induction sont réalisées avec de fins conducteurs en cuivre. Le courant qu'elles sont autorisées

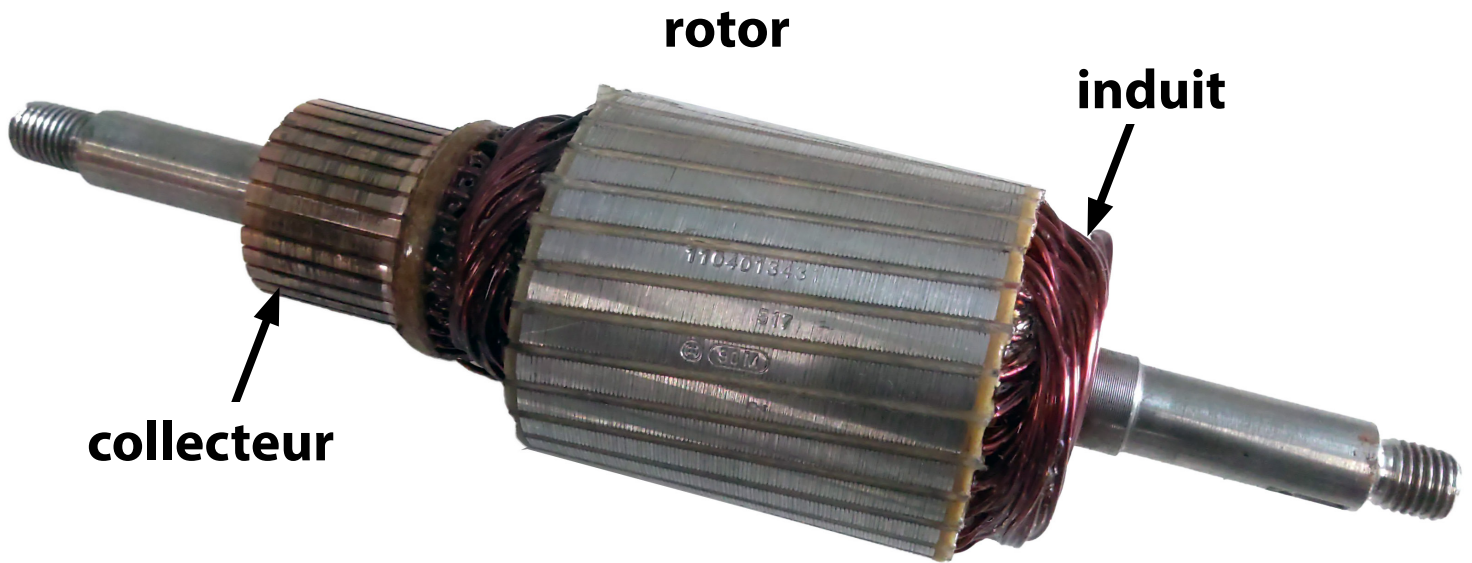
à utiliser doit être maintenu au minimum afin de ne pas surcharger la batterie. Chaque bobine fixe d'induction sera un pôle magnétique, pôle Nord ou pôle Sud, qui dépendra de la tension de polarisation connectée lors de la configuration de la dynamo. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous réviserons et polariserons une dynamo dans une prochaine édition.



**bobines fixes ou
bobines d'induction**

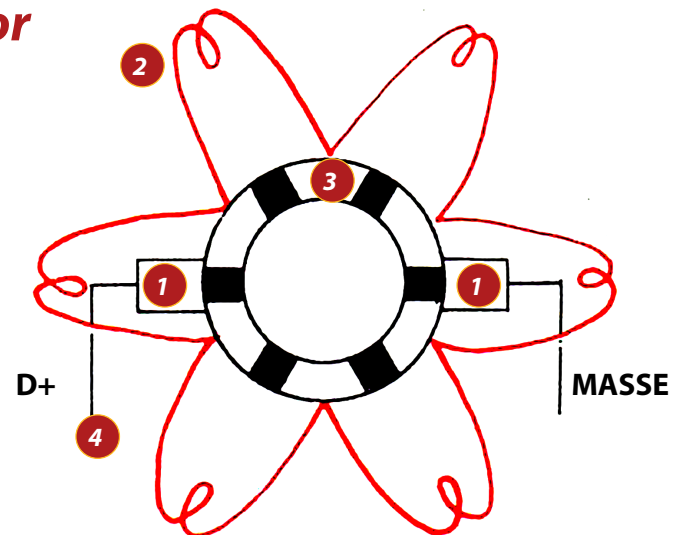


fonctionnement de la dynamo



Un conducteur plus long : le rotor

Dans une dynamo, le conducteur unique que nous avons montré précédemment est remplacé par une multitude de conducteurs en cuivre épais, qui forment les enroulements de l'induit (le rotor). Ce faisant, nous augmentons la longueur du conducteur et, comme vous pouvez le lire dans la formule de la FEM, plus le conducteur est long, plus la FEM est grande :



- 1 balais de charbon
- 2 enroulements d'induit
- 3 collecteur
- 4 consommateurs (D+)

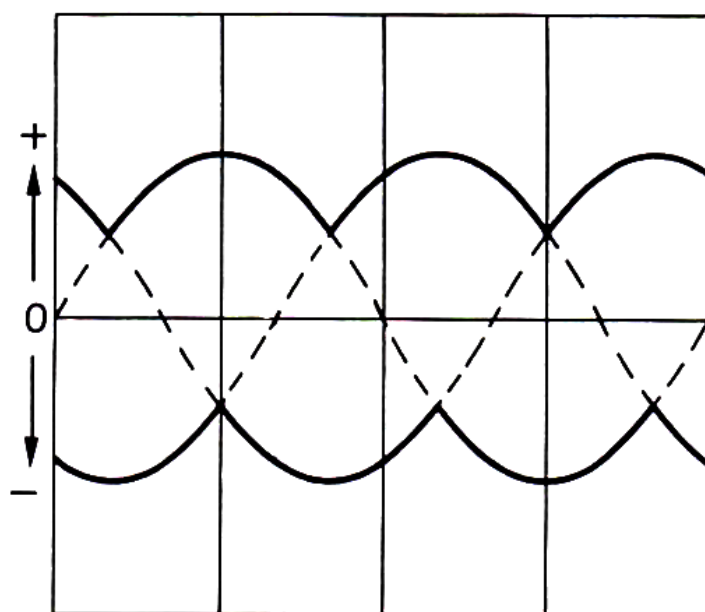
$$FEM = B \times l \times v \times \sin(\text{angle})$$

Au lieu d'un seul enroulement avec un long conducteur, plusieurs enroulements sont appliqués. La raison en est qu'un plus grand nombre d'enroulements en série génère une tension plus régulière.

Le dessin ci-dessus montre comment les différents enroulements de l'induit (du rotor) sont couplés en série à chaque fois sur une lamelle du collecteur.

En connectant les conducteurs en série, on obtient l'induit (le rotor). Les différents enroulements vont croiser les forces magnétiques à des moments différents, ce qui se traduit par des tensions sinusoïdales différentes qui s'additionnent. Sur la droite, nous montrons le résultat.

Comme l'induit utilise des conducteurs en cuivre plus épais, il sera capable de supporter un courant plus important. Ceci est



nécessaire car le rotor doit fournir le courant de charge à la batterie.

Redresseur : le collecteur et les balais de charbon

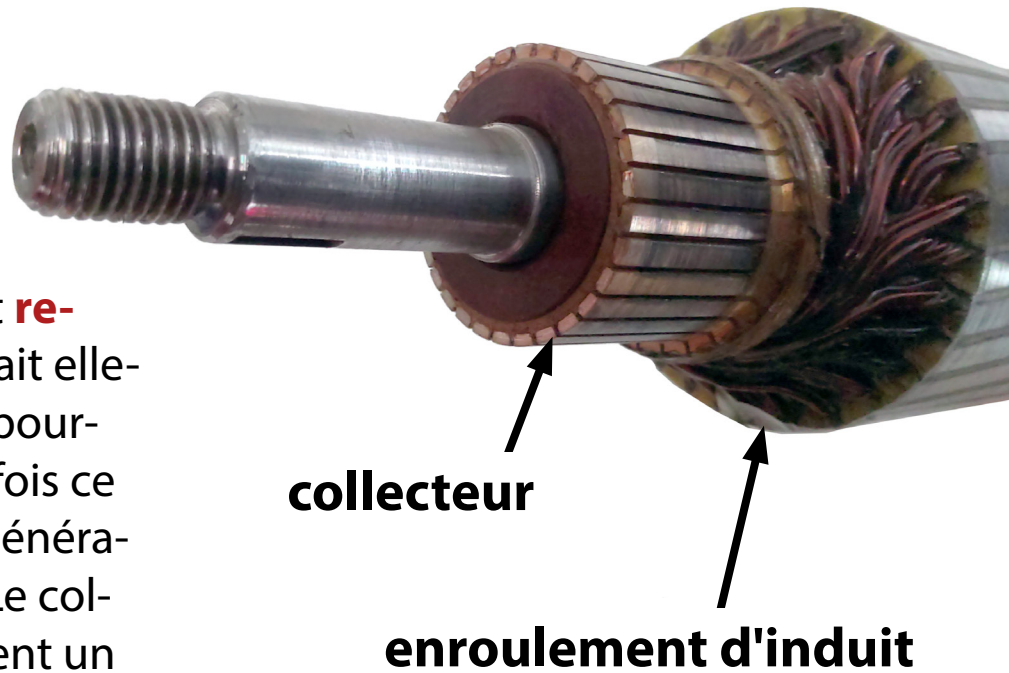
Comme mentionné précédemment, la batterie de notre voiture a besoin d'une tension continue pour se recharger. La tension délivrée par les enroulements de l'induit (le rotor) est une tension alternative (dessin en haut à droite). C'est le collecteur de la dynamo qui permet de transformer la tension alternative en tension continue. Chaque fois qu'un enroulement d'induit change de direction, c'est-à-dire

chaque fois que l'enroulement croise les lignes de force magnétique de la bobine d'induction dans la direction opposée, le collecteur fait en sorte que la polarité s'inverse. Nous illustrons ce phénomène par un graphique à la page suivante. Dans la pratique, la tension sera encore plus plate car il y a beaucoup d'enroulements d'induit. Le collecteur est une bague collectrice divisée en plusieurs contacts.

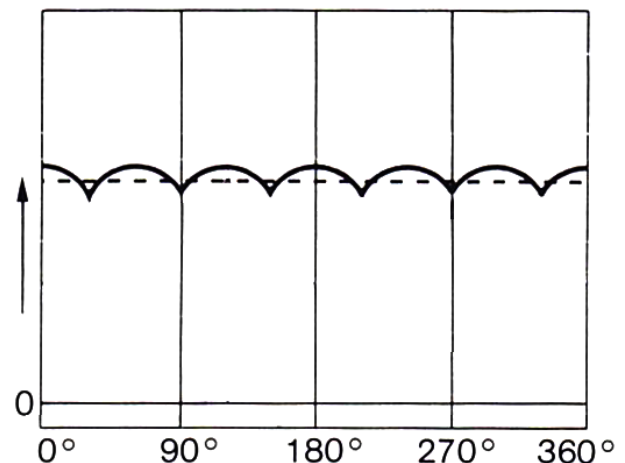


fonctionnement de la dynamo

Le collecteur de la dynamo transforme la tension alternative en tension continue; la tension alternative est **re-dressée**. La dynamo le fait elle-même, en interne, c'est pourquoi nous appelons parfois ce type de générateur un générateur à courant continu. Le collecteur est essentiellement un redresseur mécanique.

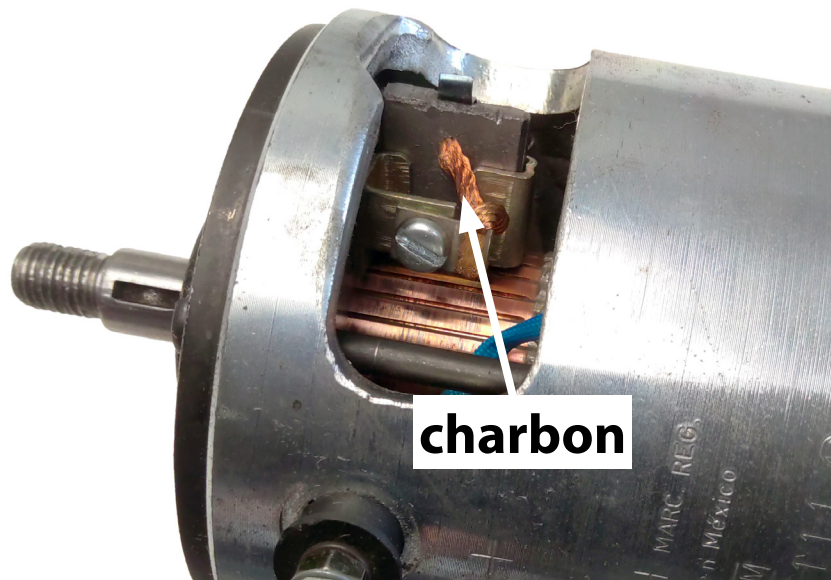


Sur la droite, nous montrons la courbe de tension à la sortie de la dynamo. Elle n'est pas complètement plate, mais en ajoutant des enroulements d'induit supplémentaires, la tension devient pratiquement constante (plate). C'est la tension à la borne D+ de la dynamo, elle est connectée à la borne D+ du régulateur de tension.



Charbons

Les balais de charbon (photo de droite) glissent sur la bague collectrice du collecteur et vont tour à tour connecter la tension de chaque enroulement de l'induit aux bornes situées à l'extérieur de la dynamo. Cette connexion est indiquée par **D+**.



La dynamo Bosch

Ce dessin sommaire montre toutes les pièces d'une dynamo (à courant continu) telle que nous la rencontrerons sur les anciennes Volkswagen classiques.

La dynamo a été utilisée pendant longtemps dans l'industrie automobile, jusqu'à la fin des années 1960, début des années 1970. Le grand avantage de la dynamo est qu'elle se charge elle-même de redresser la tension de sortie, et le fait avec des pièces mécaniques. A savoir, c'est la bague collectrice (le collecteur) qui se charge d'inverser le courant chaque fois que celui-ci atteint zéro. Pas besoin de composants électroniques, qui à l'époque étaient encore grands, chers et consommaient beaucoup d'énergie.

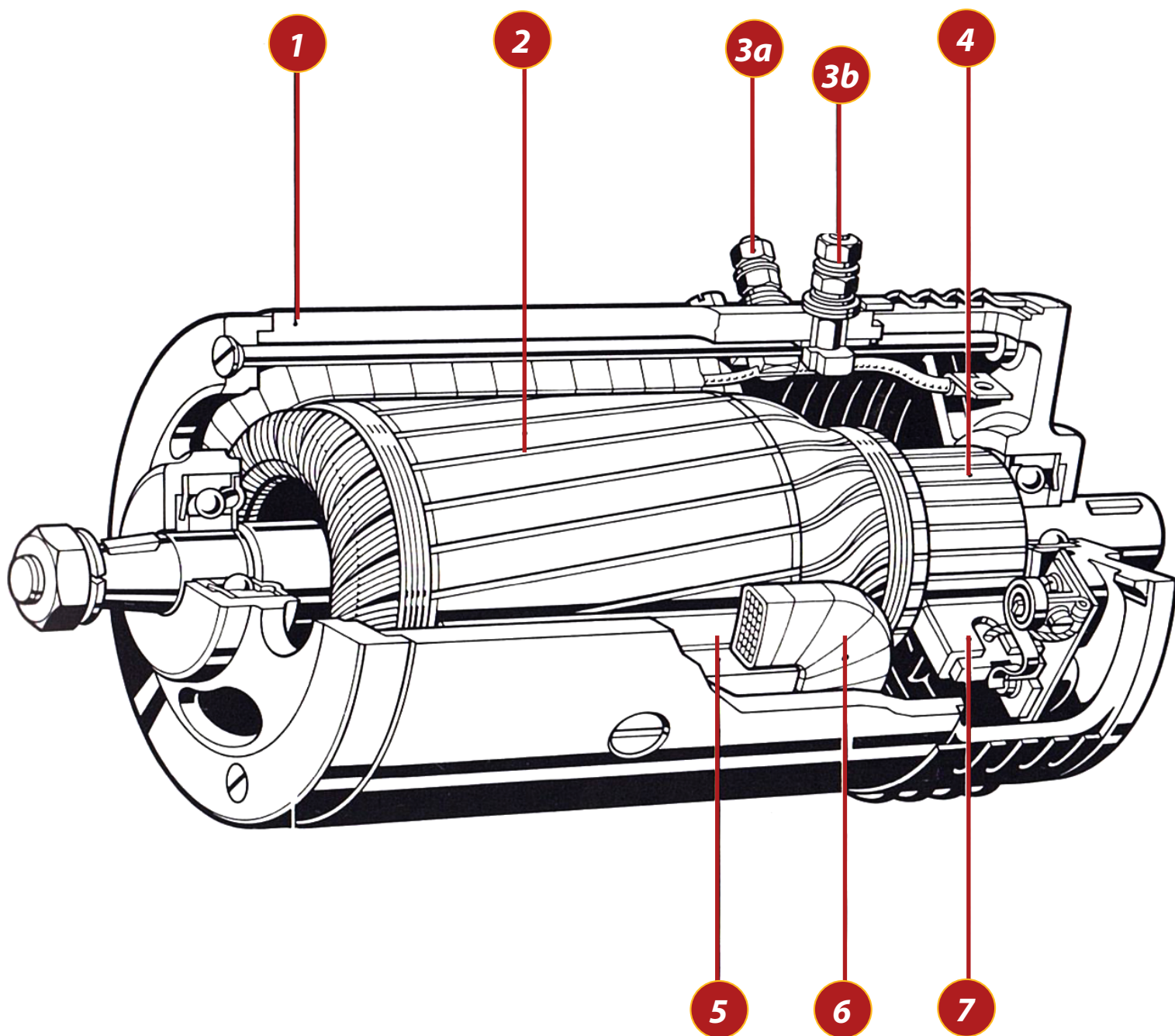
Le gros inconvénient de la dynamo est apparu lorsque tout le monde a commencé à être bloqué dans les embouteillages sur

- 1 stator ou boîtier de dynamo
- 2 induit avec enroulements d'induit
- 3a bobinages d'induction DF => régulateur de tension DF
- 3b D+ => régulateur de tension D
- 4 collecteur
- 5 noyau polaire
- 6 bobine d'induction
- 7 balais de charbon

l'autoroute, ou en ville, vers le milieu des années 1960. La dynamo génère peu de courant lorsque le moteur tourne au ralenti (à 800 tr/min). Le courant de charge n'arrive qu'à environ 1200 tr/min. Dans la Coccinelle VW, le rapport entre la poulie du vilebrequin et la poulie de la dynamo a donc été calculé pour que la dynamo tourne plus vite que le vilebrequin. Un autre inconvénient de la dynamo est son courant de charge maximal. En effet, la totalité du courant de charge passe



fonctionnement de la dynamo



par les enroulements de l'induit via le collecteur et les balais de charbon. Cela crée des étincelles entre les balais de charbon et le collecteur, de sorte que les composants de la dynamo à courant

continu ont une durée de vie plus courte que celle d'un alternateur. Pourquoi ? Nous l'expliquerons dans le prochain numéro de cette série technique.



591886