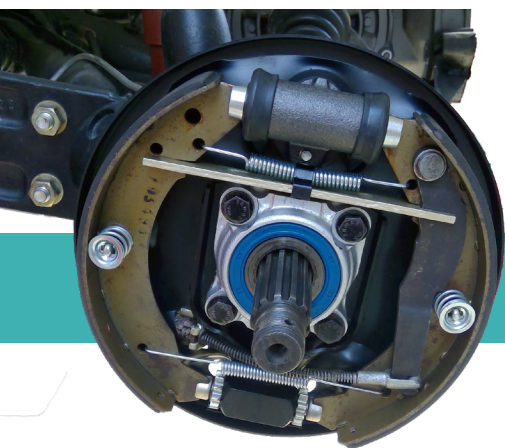


24



#70- Freins: assemblage des freins

page 02



#71- Electricité: définir le diamètre du câble

page 26



#72- Technique: boulons métriques

page 42

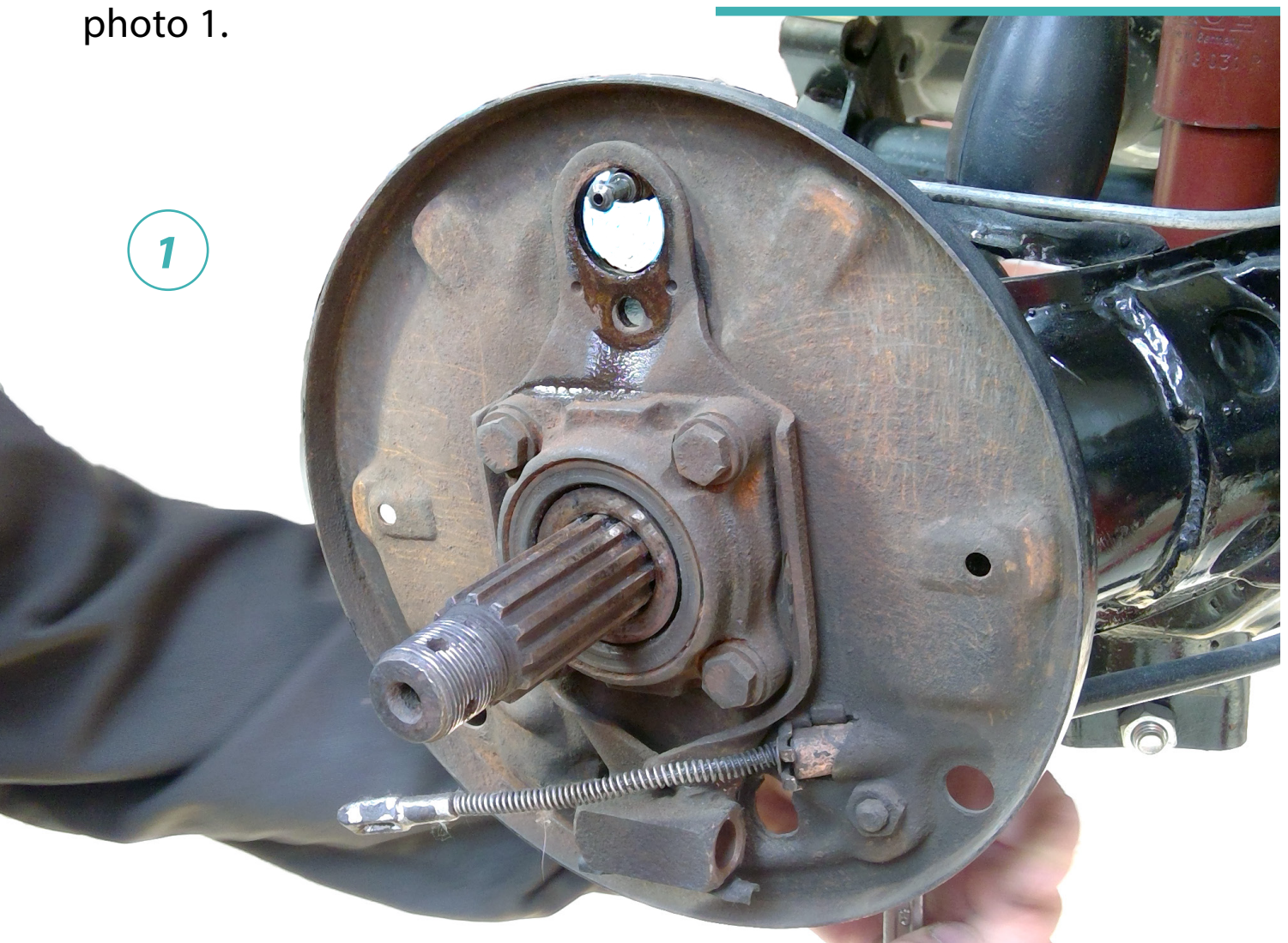


Introduction

Dans [l'édition 23](#), nous avons démonté les freins arrière de notre VW 1303. Toutes les VW classiques étaient équipées de freins arrière à tambour, la procédure pour les modèles autres que la 1303 est assez similaire. Si vous avez suivi l'édition précédente, vous devriez voir à peu près ce qui est montré sur la photo 1.

Nous sommes allés un peu plus loin que nécessaire et avons également remplacé le plateau, ils étaient en mauvais état, beaucoup de corrosion et des trous d'inspection endommagés à cause de l'utilisation d'un tourne-vis insignifiant pour le réglage (voir [édition 23 page 23](#)).

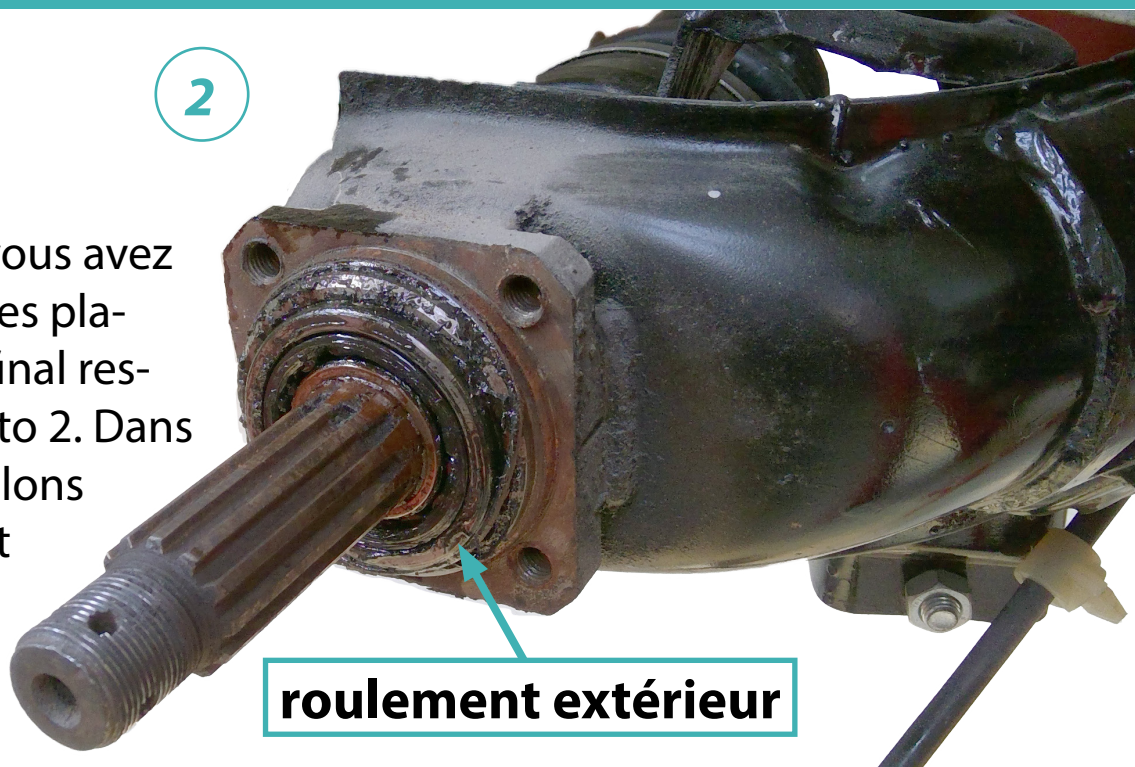
1



assemblage des freins

2

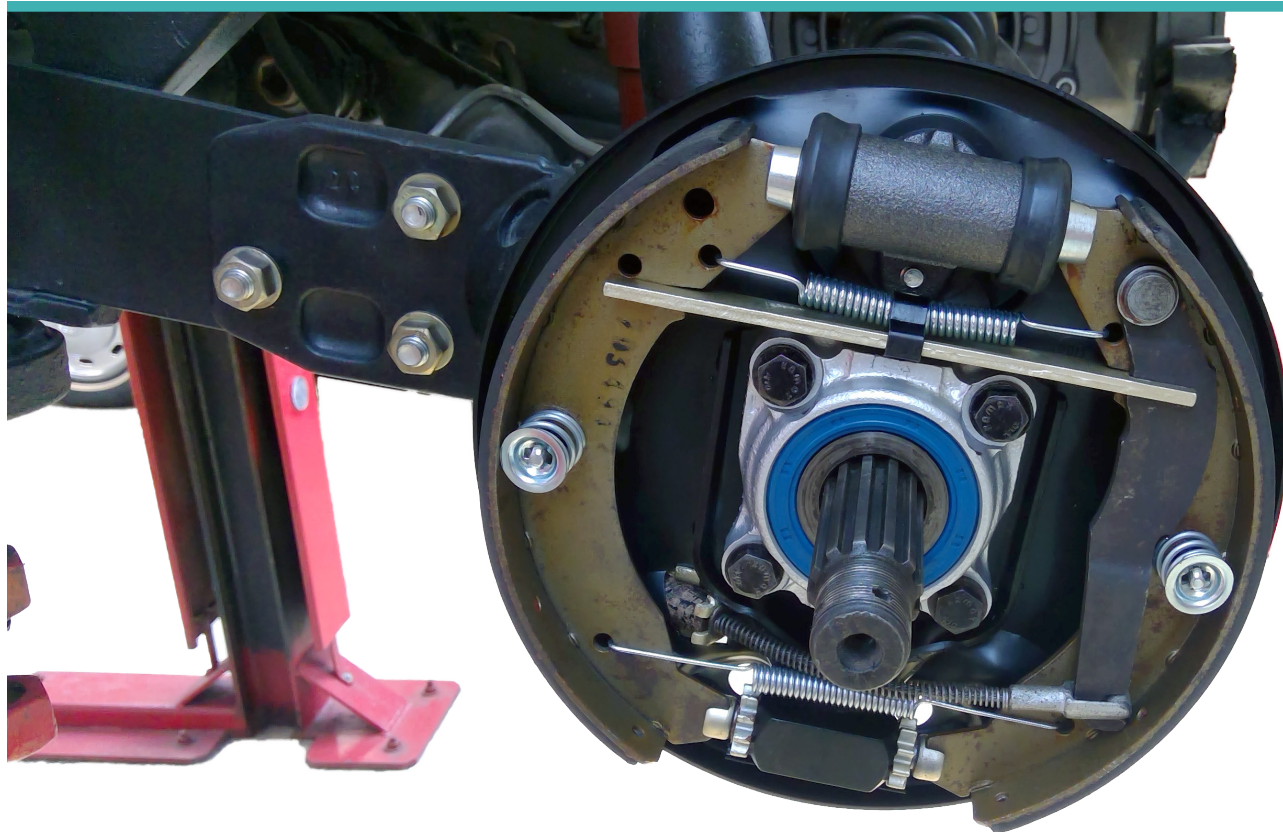
Si, comme nous, vous avez également retiré les plateaux, le résultat final ressemblera à la photo 2. Dans cet article, nous allons montrer comment assembler toutes les pièces du frein arrière. Sur la photo 3, nous montrons le résultat final. Nous vous montrerons comment remplacer les



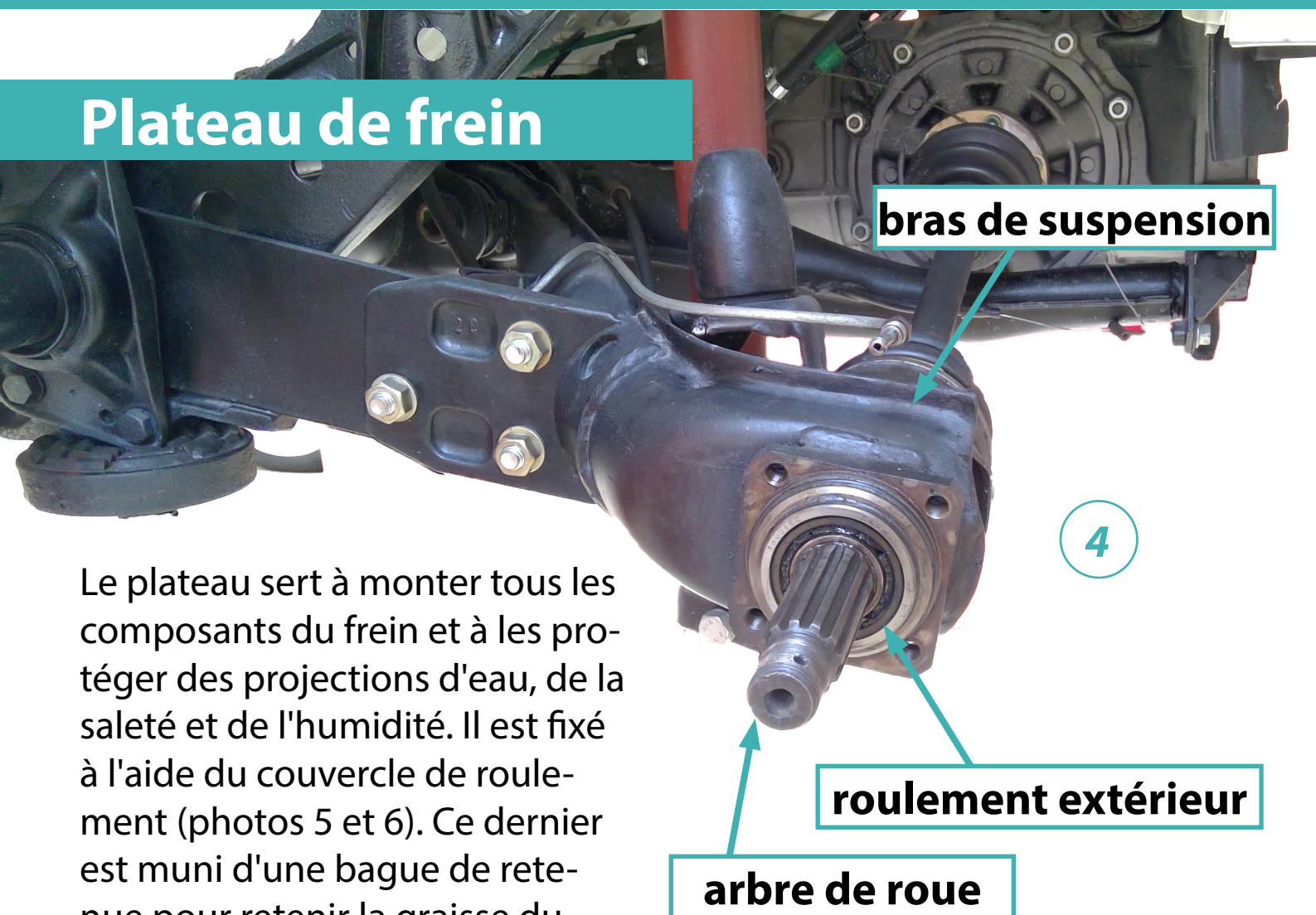
roulement extérieur

roulements de la roue arrière dans la prochaine édition.

3



Plateau de frein



Le plateau sert à monter tous les composants du frein et à les protéger des projections d'eau, de la saleté et de l'humidité. Il est fixé à l'aide du couvercle de roulement (photos 5 et 6). Ce dernier est muni d'une bague de retenue pour retenir la graisse du roulement de roue extérieur (sur une transmission IRS, sur l'essieu oscillant, c'est l'huile de la boîte de vitesses qui doit être arrêtée). Nous ne remplaçons pas le roulement de roue arrière dans cette édition, nous le ferons dans l'édition 25. Les roulements de roue de notre VW 1303 ne présentaient aucun signe d'usure ou de détérioration, un simple nettoyage avec un chiffon non

Sur la photo 4, le plateau de frein n'est pas encore monté, nous ne le ferons pas avant la page 8.

pelucheux et une nouvelle application de graisse pour roulements de roue étaient suffisants. La photo ci-dessus montre le point de départ de cet article, le bras de support avec la fusée d'essieu et un roulement de roue extérieur propre.

assemblage des freins

Vous n'avez pas vraiment besoin de desserrer le couvercle de roulement si les roulements de roue sont bons et si vous ne voyez pas de traces d'huile de transmission (dans le cas d'un essieu oscillant) ou de traces de graisse de roulement (dans le cas d'un IRS). Mais ce n'est pas une mauvaise idée de desserrer le couvercle si vous avez devant vous une VW classique dont vous ne connaissez pas l'historique d'entretien. Avec l'essieu oscillant, les roulements de roue sont lubrifiés par l'huile de la boîte de vitesses, si le joint d'huile fuit, cela peut avoir des conséquences dévastatrices pour les freins. Avec l'IRS, c'est un peu moins le cas car il s'agit d'une graisse épaisse pour roulements de roues qui ne se disperse pas aussi rapidement.

5



IRS

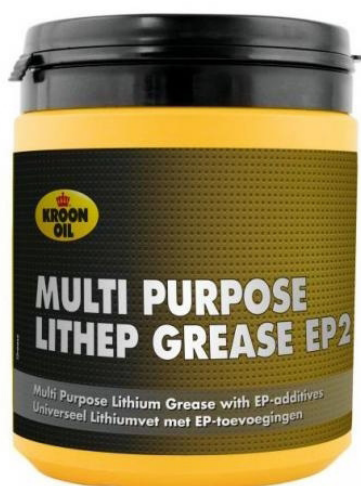
6



**bras
oscillant**

drainage d'huile

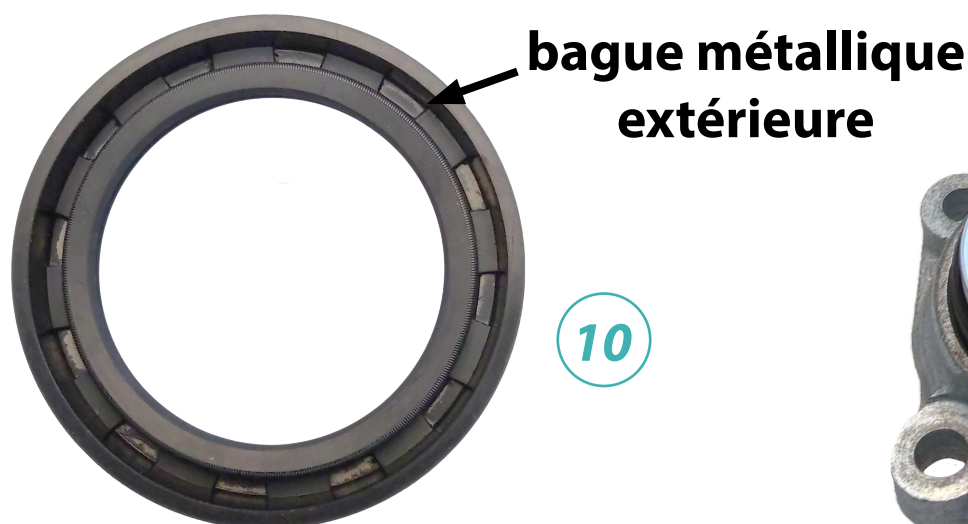
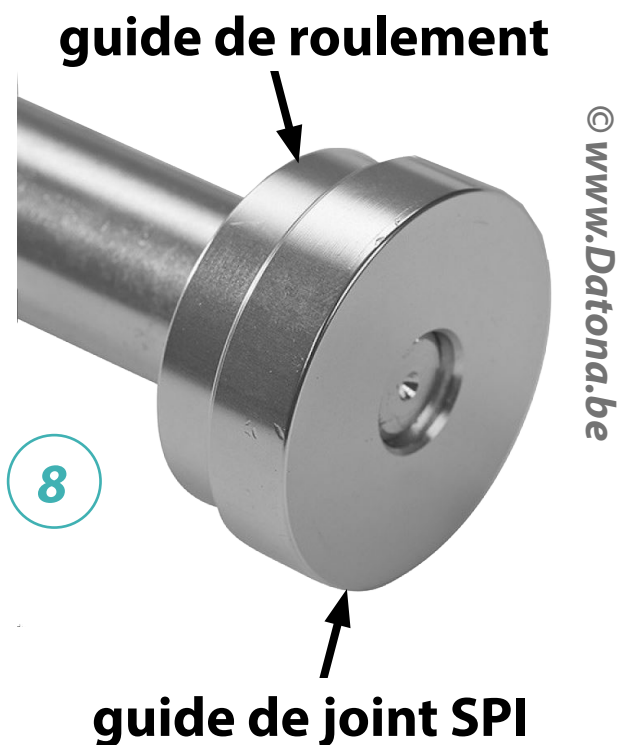
7



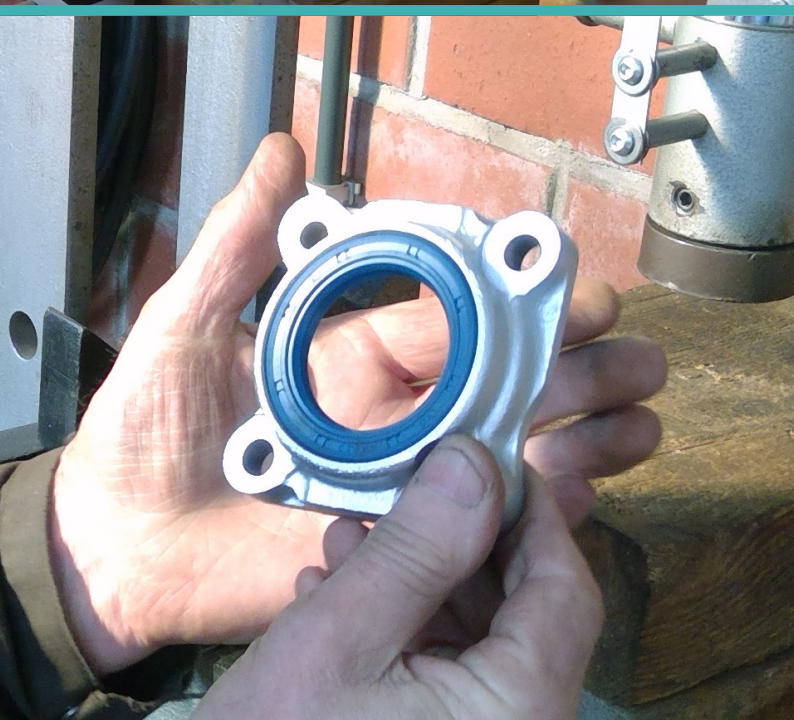
Pour les roulements de roue arrière IRS, nous recommandons cette graisse universelle (photo 7). Dans le cas des essieux oscillants, pour les essieux arrière qui sont à une hauteur standard, les roulements de roue sont lubrifiés par l'huile de la boîte de vitesses qui descend dans le tube de l'essieu. Si l'essieu oscillant est abaissé, il est recommandé d'utiliser des roulements fermés lubrifiés à la graisse.

Nettoyez le couvercle de roulement avant le montage. Nous utilisons un nouveau couvercle pour notre VW 1303 car l'ancien était en mauvais état. Une fois nettoyé, nous montons le couvercle de roulement avec un nouveau joint de graisse. Dans le [numéro 21](#), nous avons déjà montré comment assembler un joint de graisse (joint SPI). Pour ce faire, vous pouvez utiliser une douille ou un guide approprié pour joint de retenue (photos 8 et 9). Le guide que nous avons utilisé pour notre VW a un diamètre de 59 mm à 60 mm.

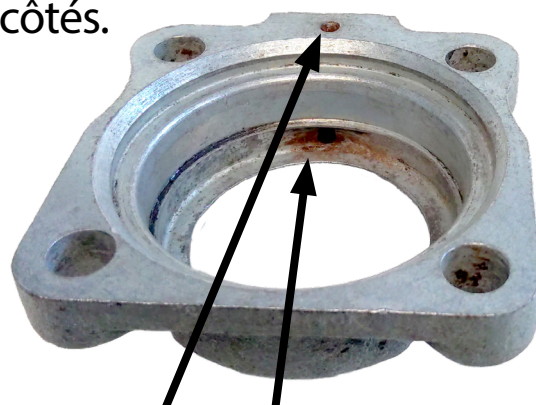
Grease seals come in a variety of shapes and colors. The one for the outer bearing of the rear wheel was black in the webstore at the time of writing this article (photo 10), the one we had in stock in the workshop was blue (page 8). The color has no other technical significance. What is important is that the lip is mounted on the oil/grease side and that you only push against the outer metal ring (not the inner ring or lip).



assemblage des freins

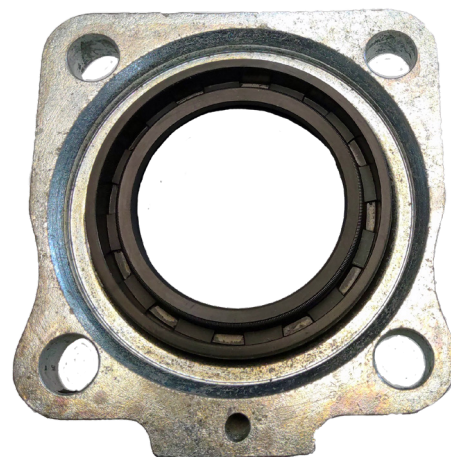


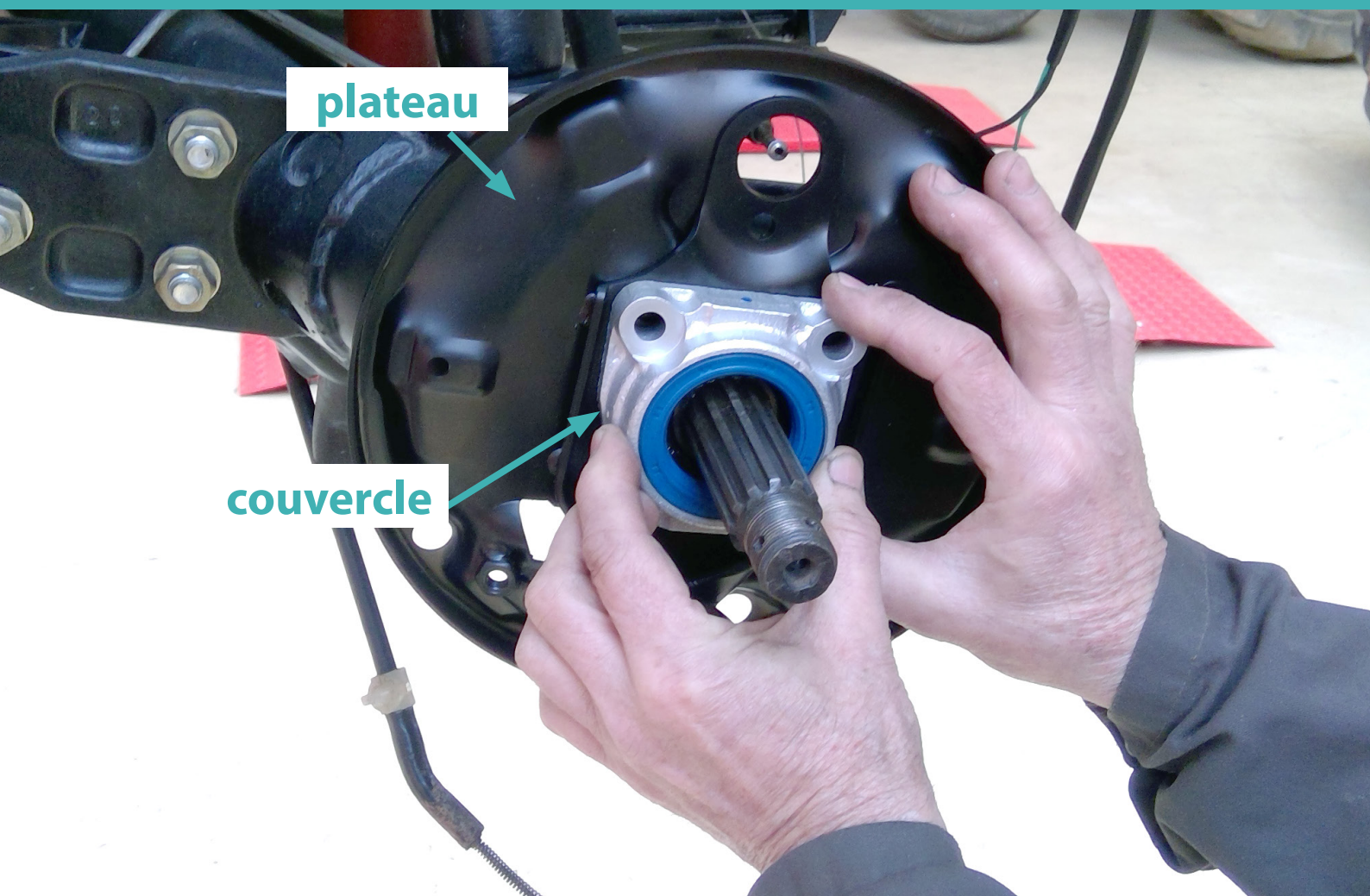
Nous utilisons une presse hydraulique parce que nous l'avons à disposition, elle est idéale pour cette application. Quelle que soit la technique utilisée, il est important que le joint SPI soit monté au même niveau que la surface. Vérifiez très soigneusement que le joint glisse uniformément de tous les côtés.



drainage d'huile

Pour l'IRS, la bague de retenue est montée à l'extérieur (photo de gauche), lèvre vers l'intérieur. Avec l'essieu oscillant, la bague de retenue est montée à l'intérieur (photo ci-dessous), également avec la lèvre vers l'intérieur.





Installez le plateau en vous assurant que la surface sur laquelle il est fixé est propre, plate et exempte de rouille.

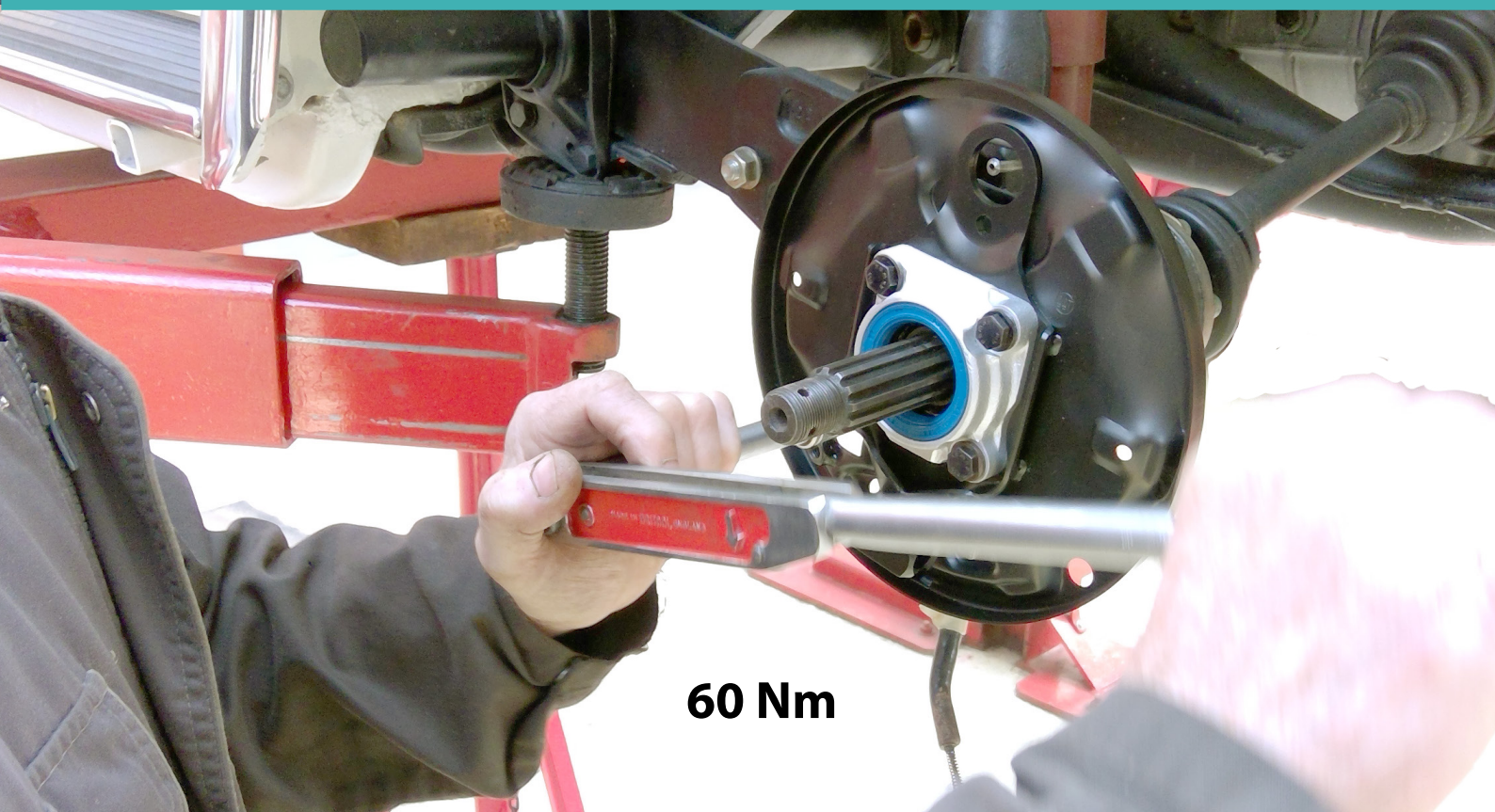
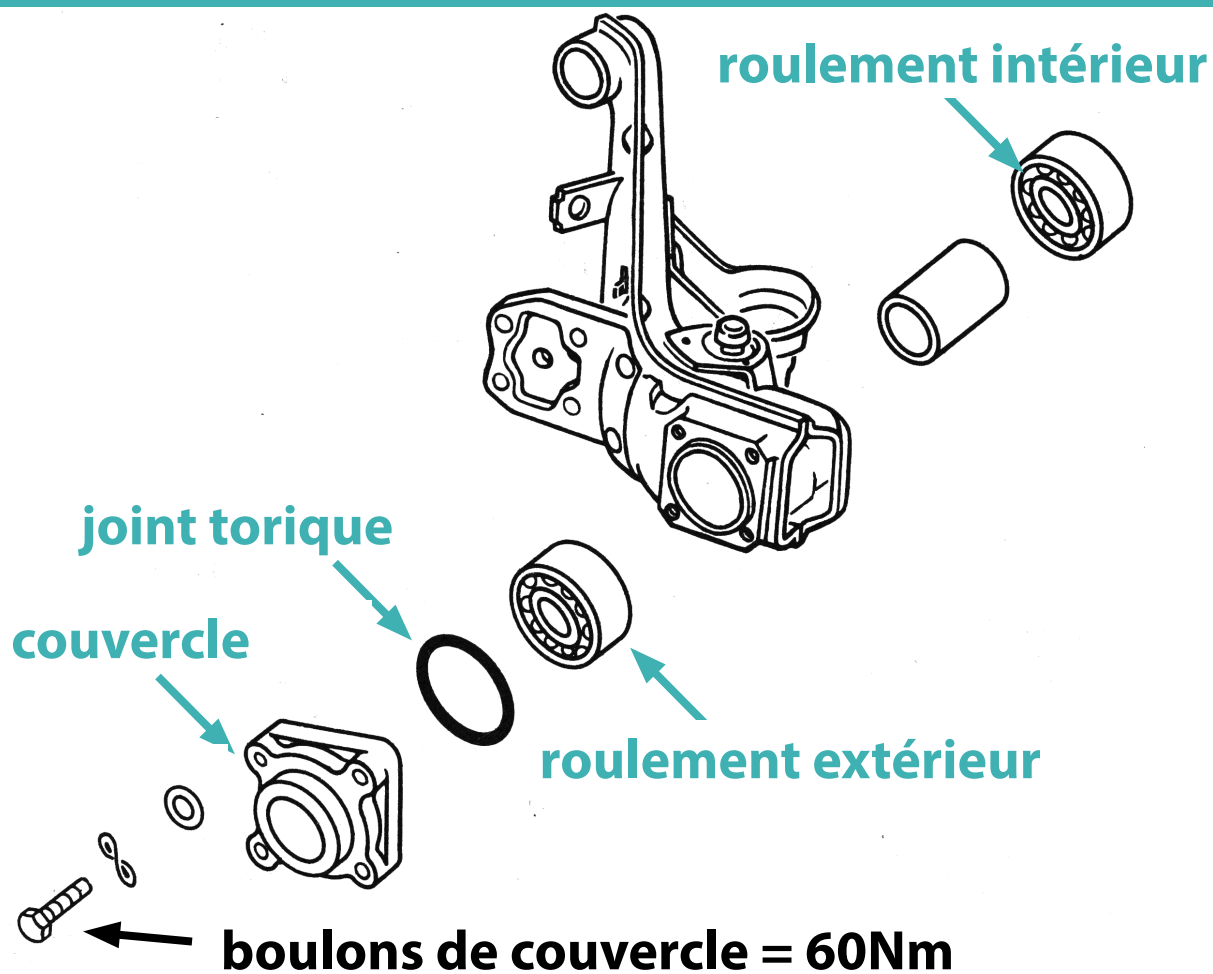
Attention ! Pour le couvercle de roulement d'un modèle avec essieu oscillant, le trou de drainage doit être dirigé vers le bas (voir photos page 7). Ce trou permet à l'huile de la boîte de vitesses de s'écouler sans contaminer les composants du frein en cas de fuite du joint d'huile.

Le couvercle du roulement peut être monté (photo ci-dessus) au moyen de quatre boulons, chacun avec une rondelle et une rondelle élastique. Les boulons sont serrés avec 6 mkg ou 60 Nm à l'aide d'une clé dynamométrique. Nous montrons les pièces sur le dessin de la page suivante.

Nous sommes maintenant prêts à assembler les pièces du frein.



assemblage des freins



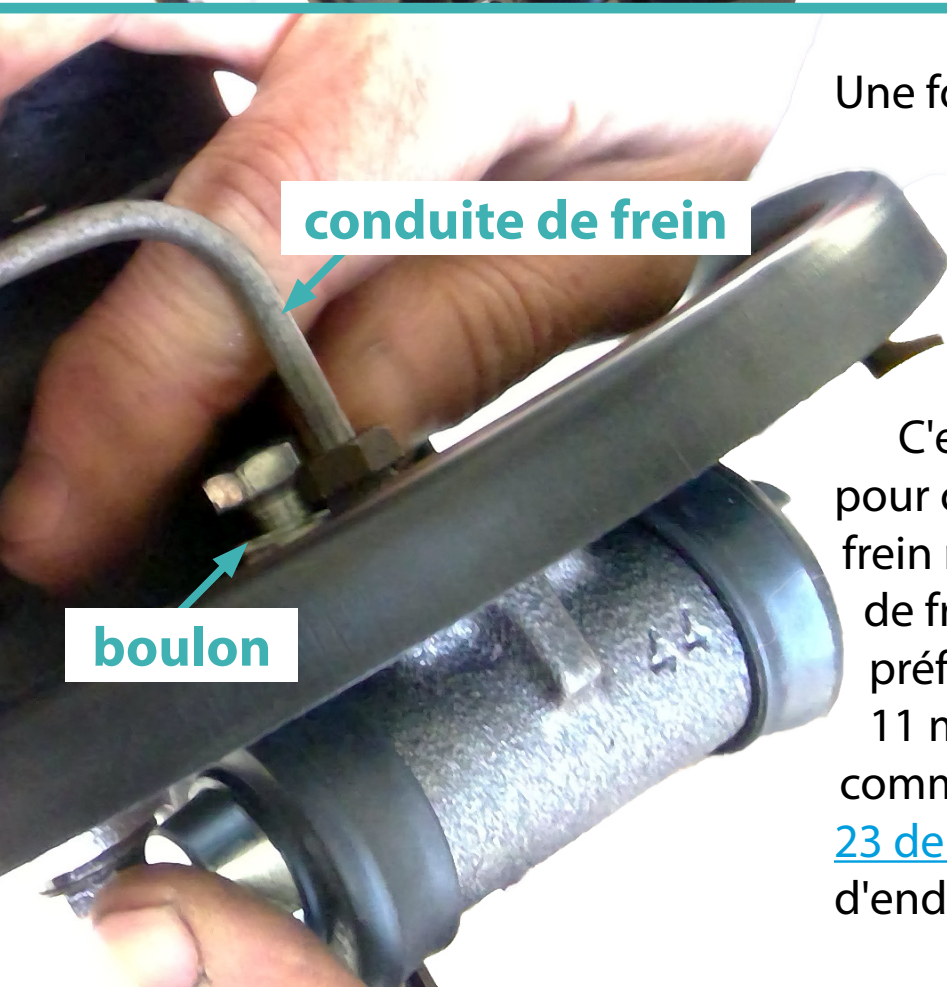
Installation des pièces de frein

Cylindre de frein

Le montage des pièces de frein se déroule de manière assez similaire à celui des freins avant. Nous avons parlé des freins avant dans [l'édition 22](#). Nous commençons par le montage du cylindre de frein. Dans l'édition 22, nous avons montré comment préparer un cylindre de frein avant. Il en va de même pour les freins arrière. Les cylindres de frein de roue doivent être traités contre la corrosion. Lisez [l'édition 22 à partir de la page 39](#) pour apprendre comment préparer les cylindres de frein pour le montage.



assemblage des freins



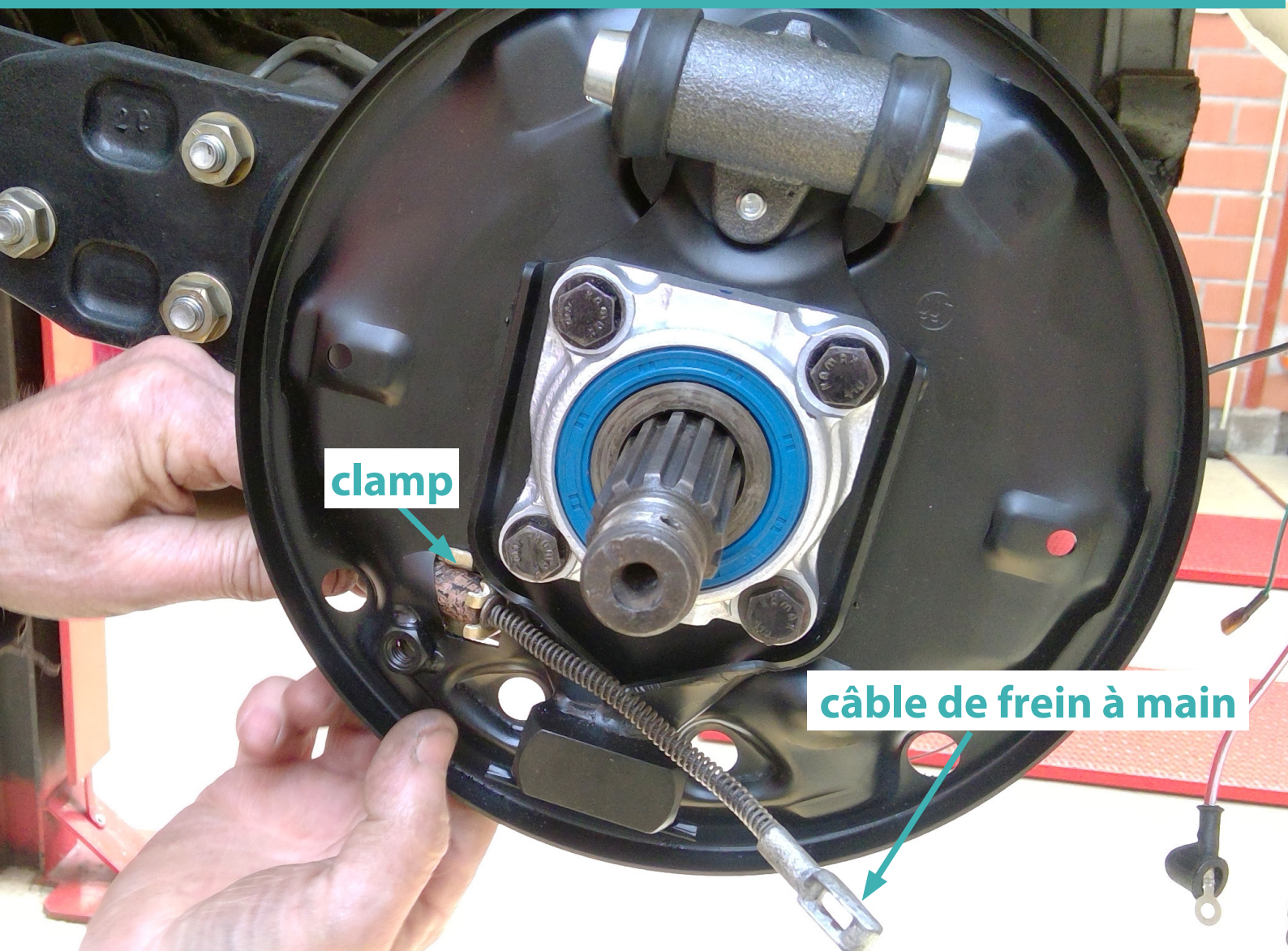
Une fois que le cylindre a été traité avec la pâte spéciale, il peut être monté sur le plateau de frein. Il est fixé à l'arrière de cette VW 1303 par un boulon.

C'est aussi le bon moment pour connecter la conduite de frein métallique pour le liquide de frein. Le serrage se fait de préférence avec une clé de 11 mm partiellement fermée comme indiqué dans [l'édition 23 de la page 28](#), ceci pour éviter d'endommager l'écrou.

Câble de frein à main

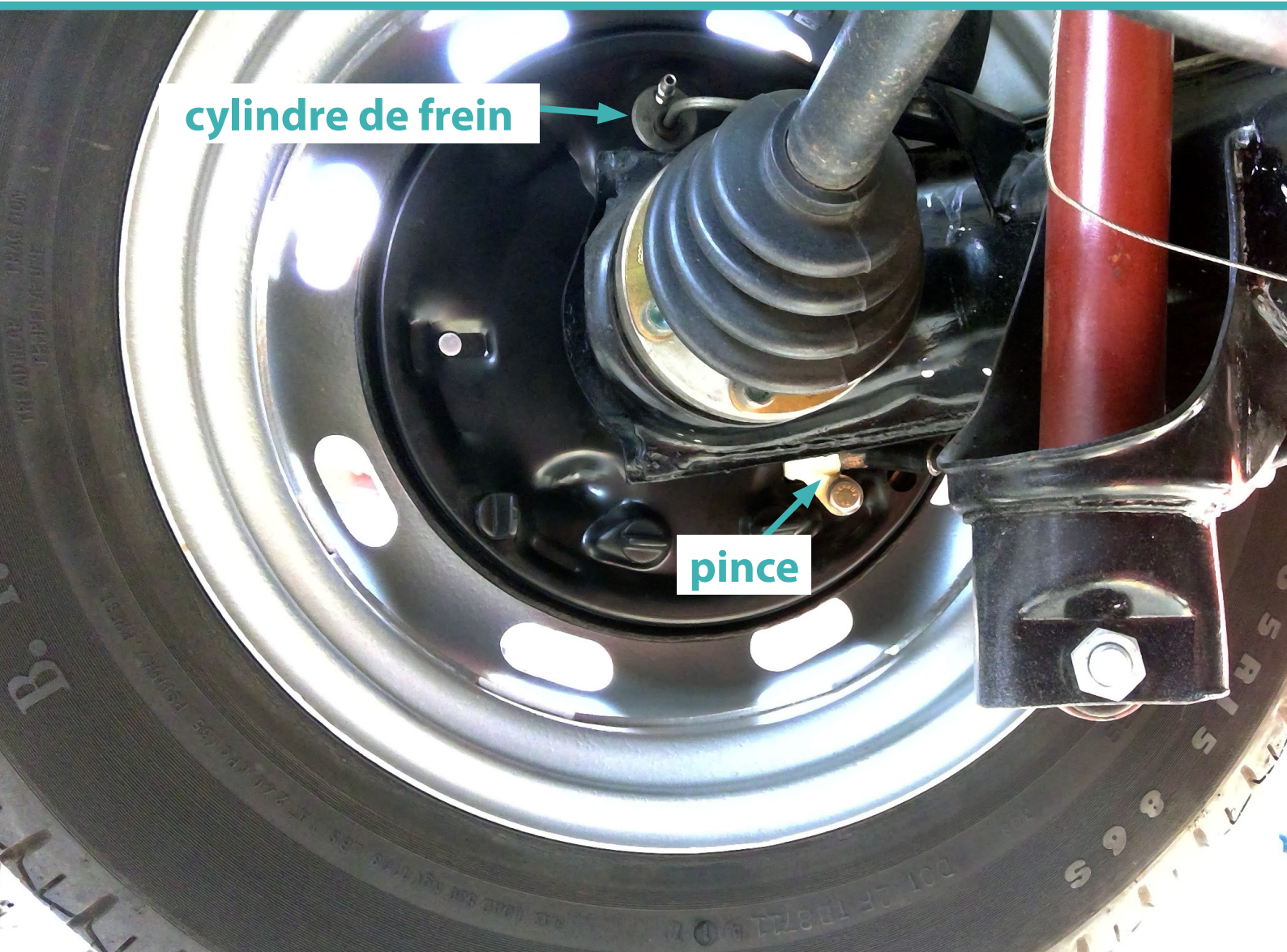
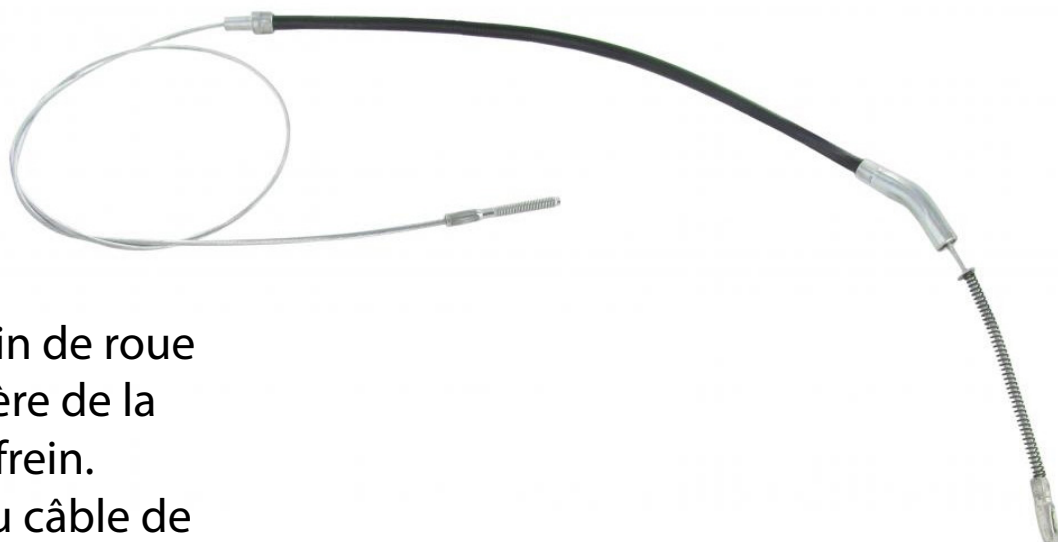
Cette partie de l'assemblage est différente des freins avant. Le levier de frein à main, situé entre les deux sièges avant, actionne un câble qui se fixe sur le plateau de frein. Sa fixation est différente pour chaque modèle, mais le principe reste le même.

Le câble du frein à main est glissé dans le plateau et fixé à l'aide d'un collier (ou pince) spécial(e) (photos ci-dessous).



assemblage des freins

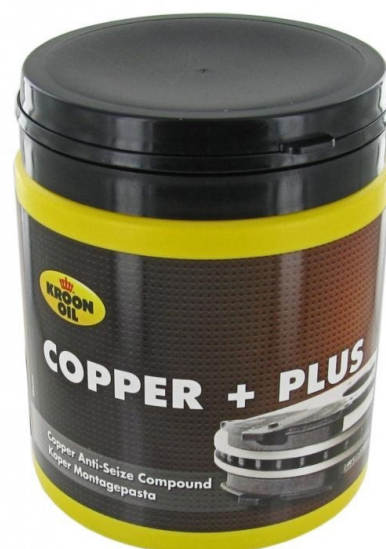
Sur la photo ci-dessous, le câble de frein à main avec sa pince et le cylindre de frein de roue sont visibles à l'arrière de la plaque support de frein. A droite, le nouveau câble de frein à main pour notre VW 1303.



Boulons de réglage

L'installation des boulons de réglage des freins arrière est similaire à celle des freins avant. Nous en avons parlé en détail dans [l'édition 22](#). Utilisez avec précaution de la graisse cuivre (photo 11, vraiment pas beaucoup pour ne pas contaminer les mâchoires de frein) sur les pièces

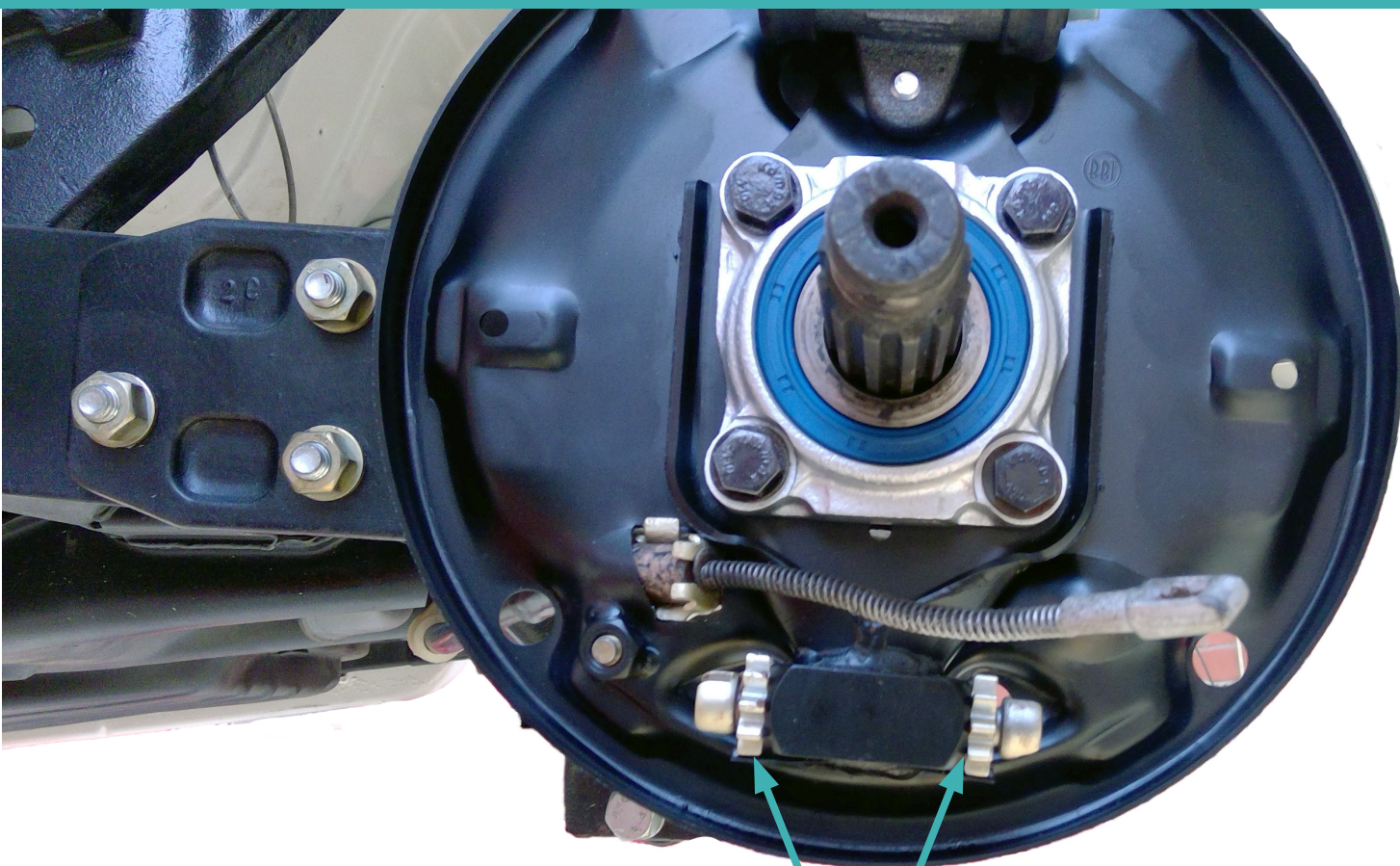
11



mobiles pour éviter les grincements et les grippages dus à la corrosion. Les mâchoires de frein contiennent des particules métalliques qui sont libérées lors du freinage et qui vont adhérer aux pièces du frein. La graisse au cuivre protège les boulons de réglage de la corrosion.

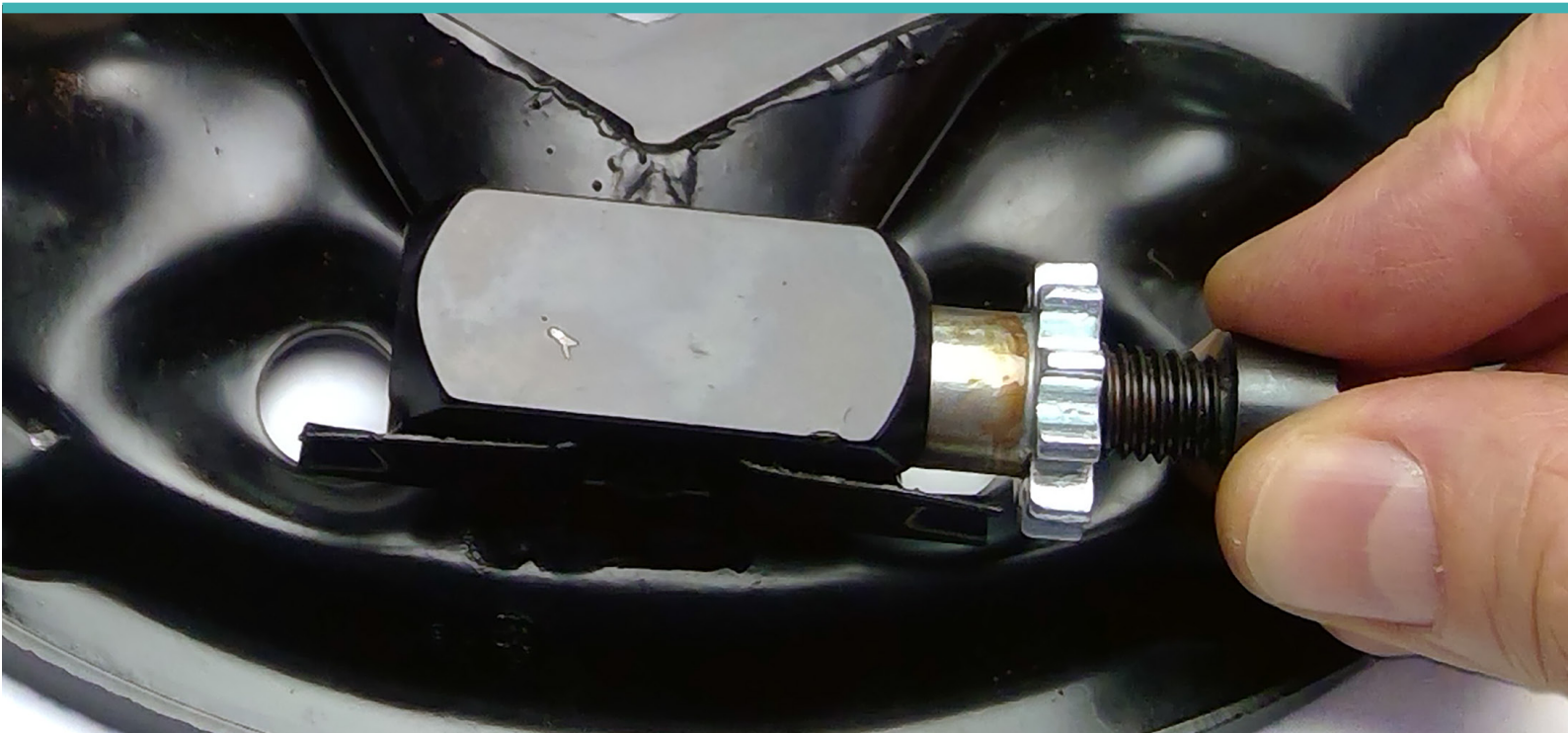


assemblage des freins



Reportez-vous à [l'édition 22](#) pour des explications détaillées sur la façon d'installer les boulons de réglage.

boulons de réglage



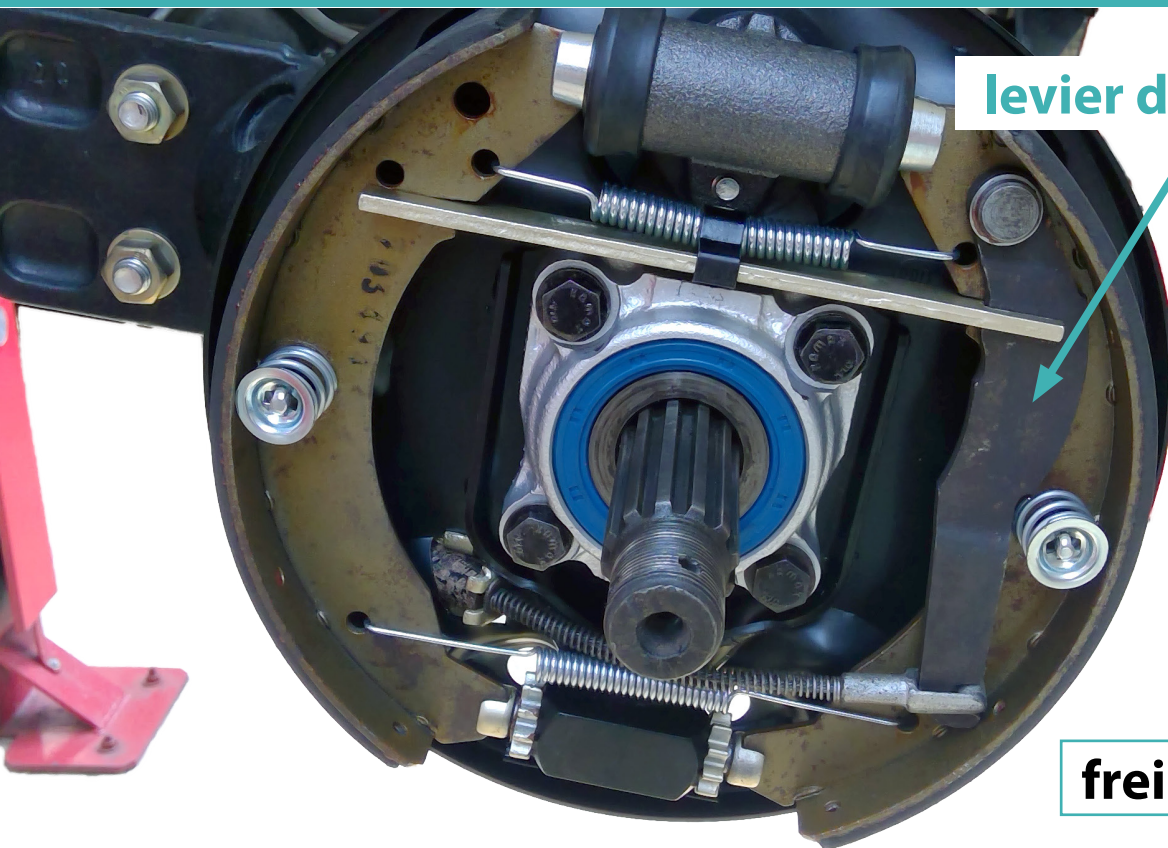
Mâchoires de frein

Dès à présent, le montage des pièces du frein arrière est différent de celui des freins avant, et ce à cause du frein à main. Le frein à main est actionné par le câble du frein à main (voir page 12), ce câble actionne à son tour le levier du frein à main. Nous montrons à la page suivante le résultat final ainsi qu'une photo du frein avant pour comparaison. Les différences entre l'avant et l'arrière sont le câble de frein à main, le levier de frein à main et la bielle d'écartement des mâchoires.

La photo ci-dessous montre une mâchoire de frein que nous avons retiré de notre VW 1303. Le clip (ou goupille ou cavalier) de maintien a manifestement été maltraité par le passé. Nous utilisons un nouvel axe de levier de frein à main (ou pivot) avec un clip de sécurité pour fixer le levier de frein à main à la mâchoire de frein. Ces pièces sont très peu coûteuses, il n'est vraiment pas utile d'économiser sur ce type de pièces.

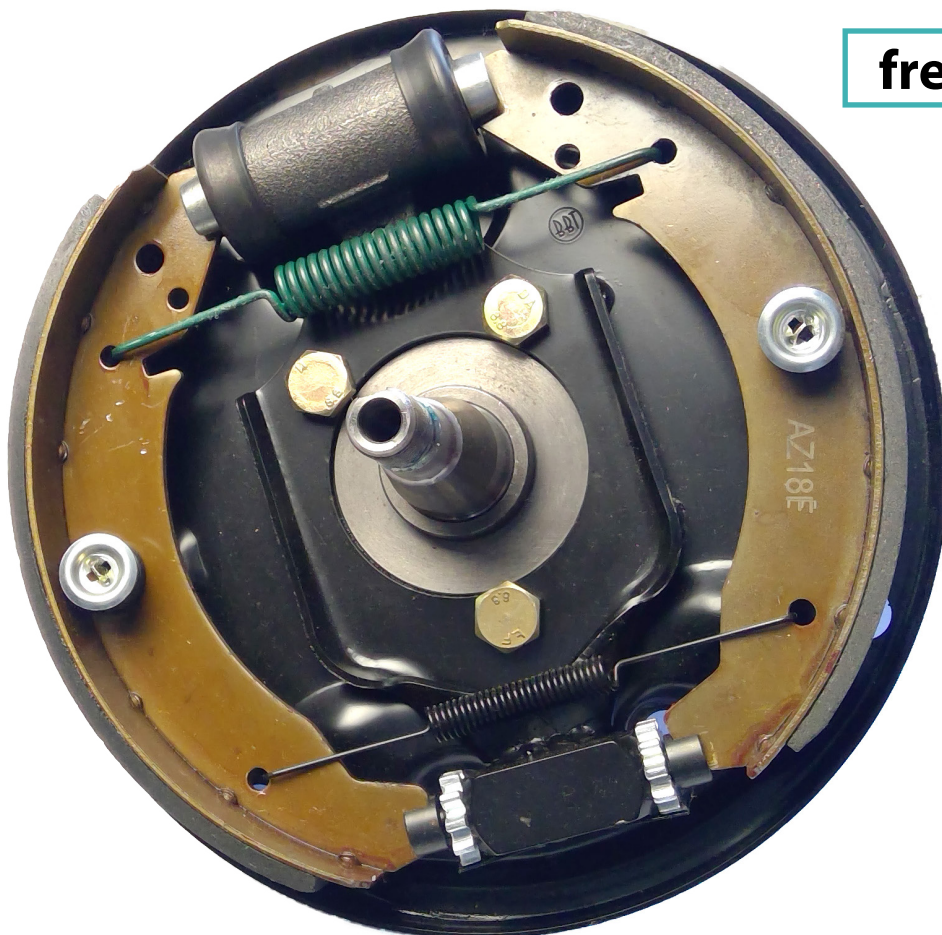


assemblage des freins



levier de frein à main

frein arrière



frein avant

Appliquez à nouveau un peu de graisse cuivre sur le pivot et poussez-le à travers le levier de frein à main et la mâchoire de frein. Utilisez un nouveau cavalier de verrouillage, serrez le avec, par exemple, une paire de pinces. Vérifiez que le pivot se déplace librement, sans résistance et sans aucun grincement ou couinement

pivot



cavalier

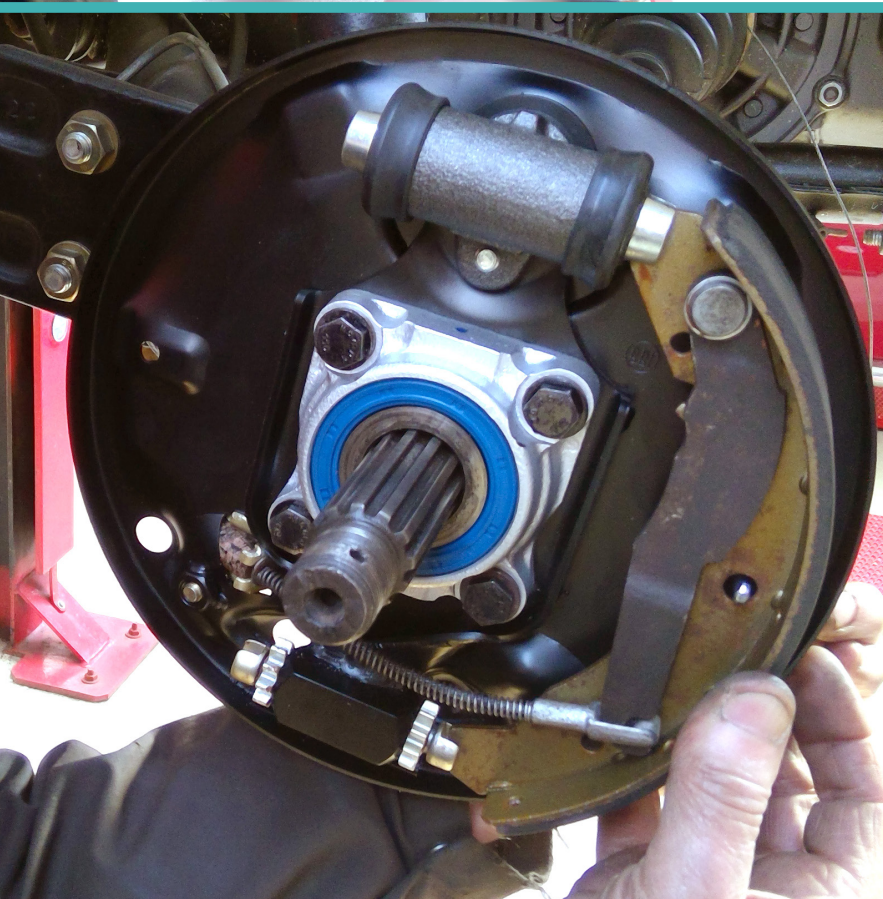


levier de frein à main

Veillez à ce que la surface de la mâchoire de frein qui appuie sur le tambour de frein (la garniture de frein) soit exempte de graisse ou d'huile. Une fois contaminée par la graisse, la garniture de frein perd sa fonction de matériau de friction.



assemblage des freins



Attachez le câble du frein à main au levier du frein à main comme indiqué sur la photo ci-dessus. Placez ensuite la mâchoire sur le plateau (photo de gauche). Faites bien attention au montage correct des mâchoires (chaque côté a un angle différent) et aux boulons de réglage. Vous pouvez vous référer à l'explication de [l'édition 22 à la page 45](#).



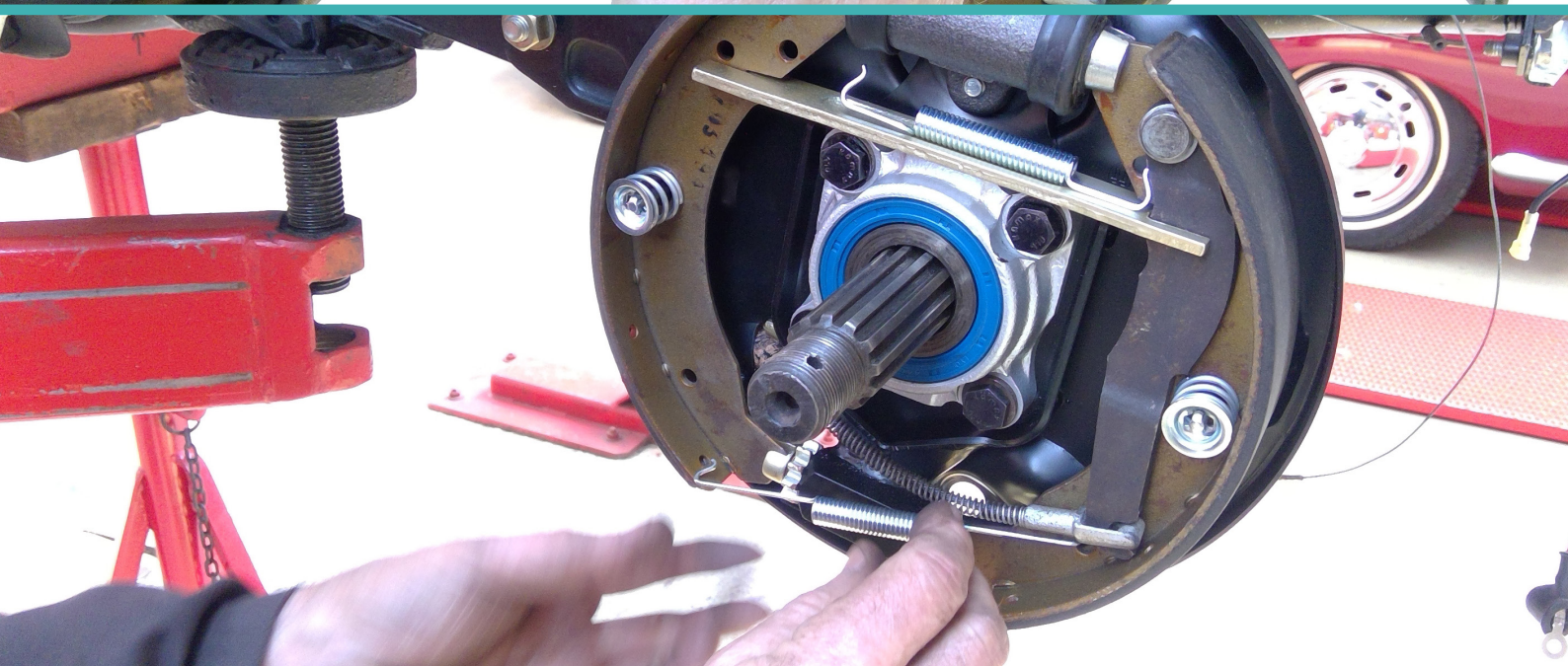
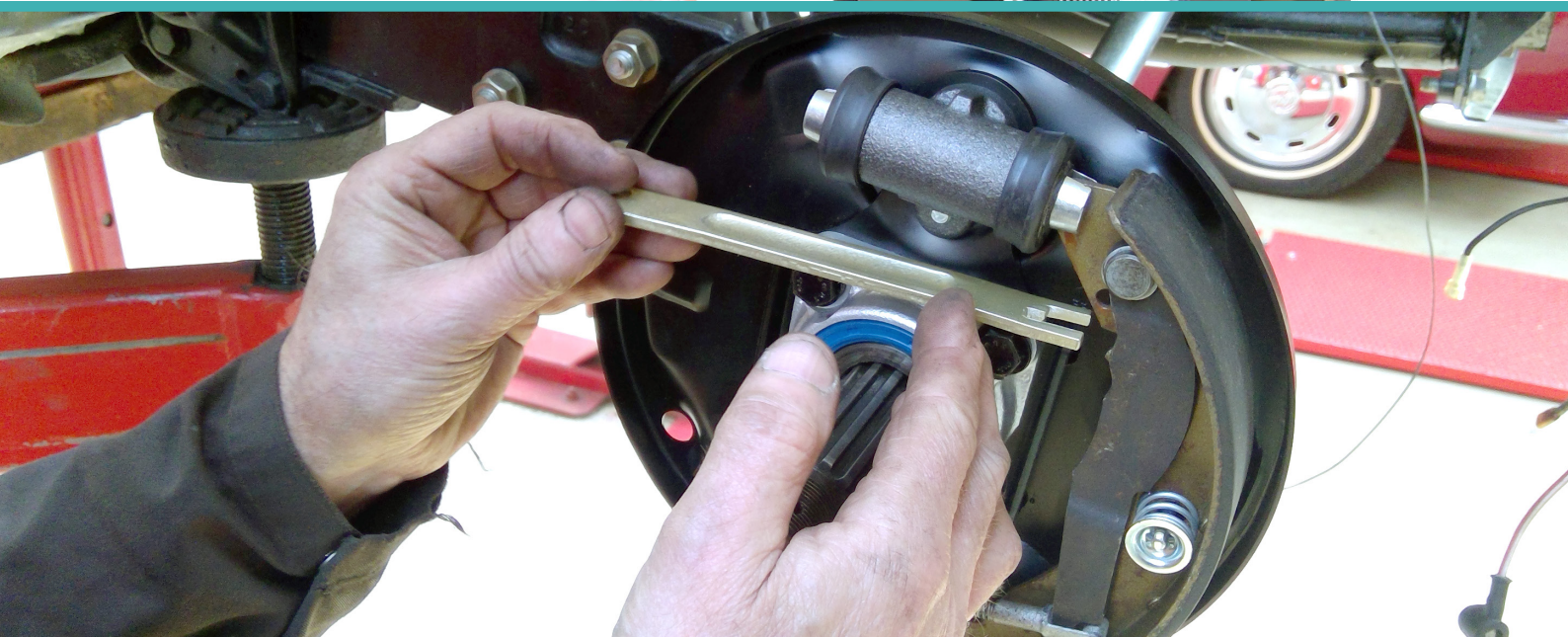
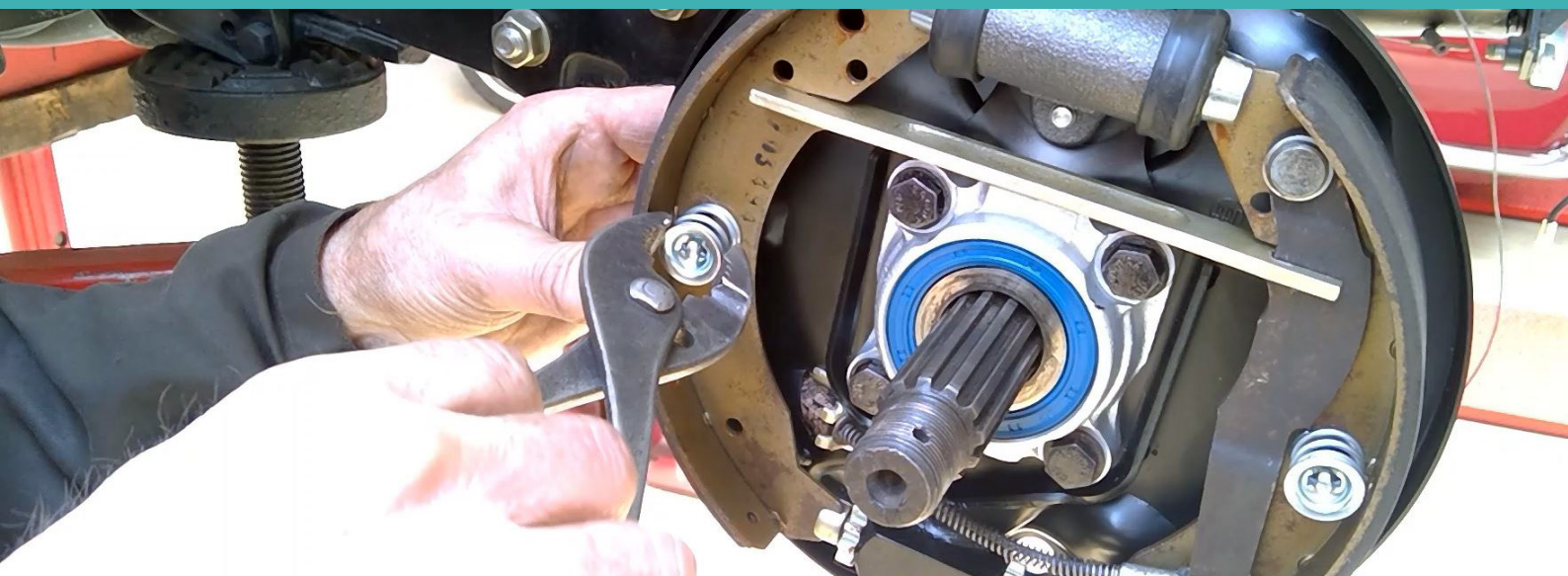
Fixez la mâchoire de frein avec le ressort de pression. Dans [l'édition 22](#) nous avons montré les meilleurs outils à utiliser pour cela afin de ne rien endommager (photo 12). Vous pouvez également utiliser une pince comme nous le montrons à la page 21, ce qui demande un peu de dextérité et d'expérience. Sur la photo ci-dessus, vous voyez la mâchoire de frein avec le levier de frein à main prêt à être utilisé.



Il reste maintenant à monter l'autre mâchoire de frein avec la bielle d'écartement qui sert à déplacer les deux mâchoires de frein de manière égale lorsqu'on tire sur le levier de frein à main situé entre les sièges avant. La bielle a deux extrémités qui sont différentes, comme vous pouvez le voir sur la photo 13.



assemblage des freins



Tambour de frein

Le tambour de frein peut enfin être monté. L'écrou couronne de 36 mm (photo 14, écrou de 46 mm pour les Combi VW après juillet 1963) de notre Coccinelle IRS utilisé pour fixer le tambour doit être serré à 300 Nm (300-350 Nm pour l'essieu oscillant), c'est beaucoup de force. Cela ne fonctionnera pas lorsque la voiture n'est pas sur le sol. Vous devrez monter la roue et abaisser la voiture pour utiliser le poids de la voiture afin d'appliquer une force sur l'écrou (photo ci-dessous). Une clé dynamométrique d'une portée de 300 Nm est nécessaire pour cette opération.

14



36 mm



300 Nm



assemblage des freins



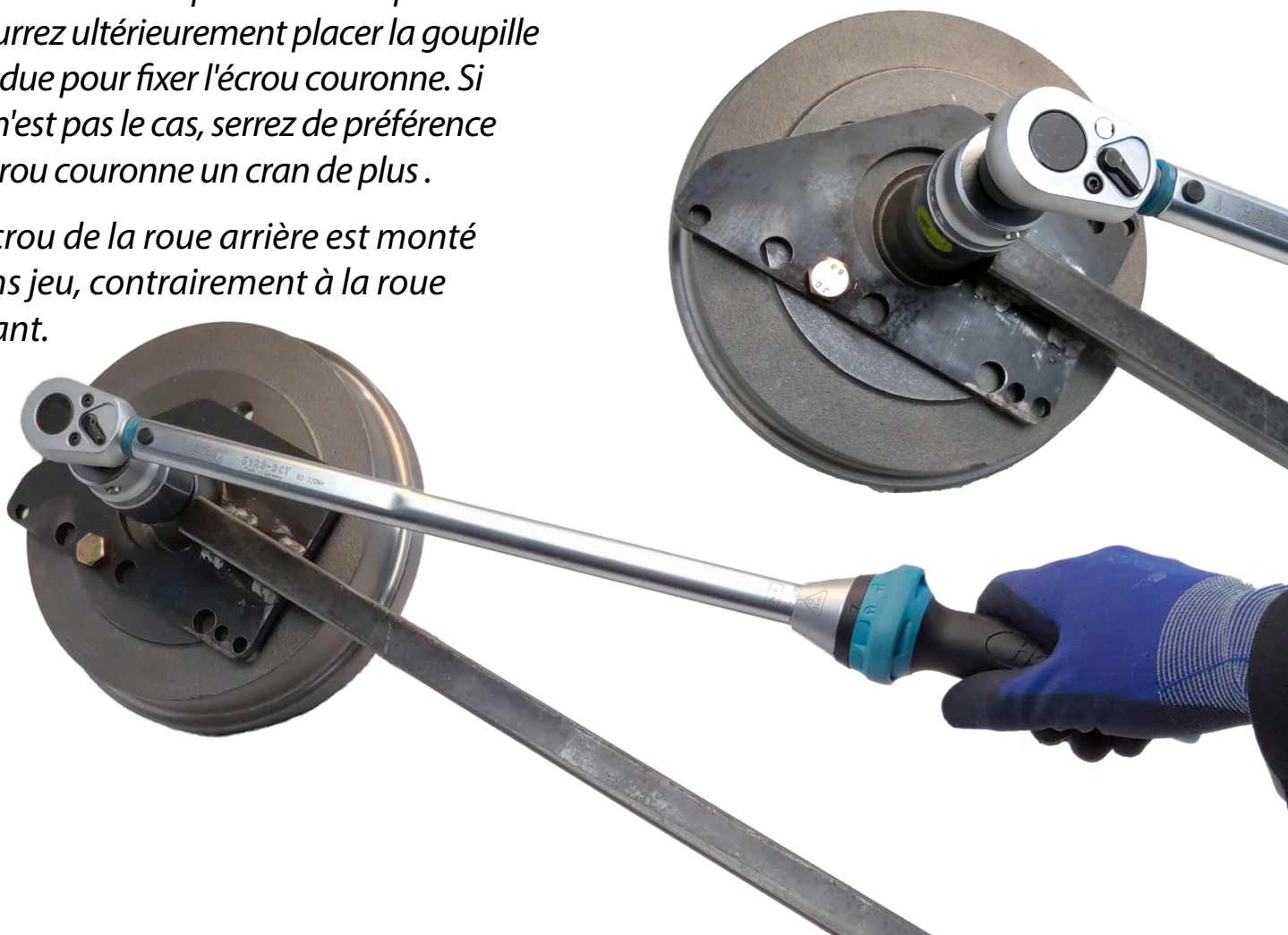
15

Un outil pratique disponible dans notre boutique en ligne est cette barre de force (photo 15 et ci-dessous) qui vous permet de fixer le tambour de frein sans monter la roue et donc avec la voiture sur le cric ou le pont de garage. Cela vous permet d'appliquer une force maximale sur l'écrou couronne de 36 mm.

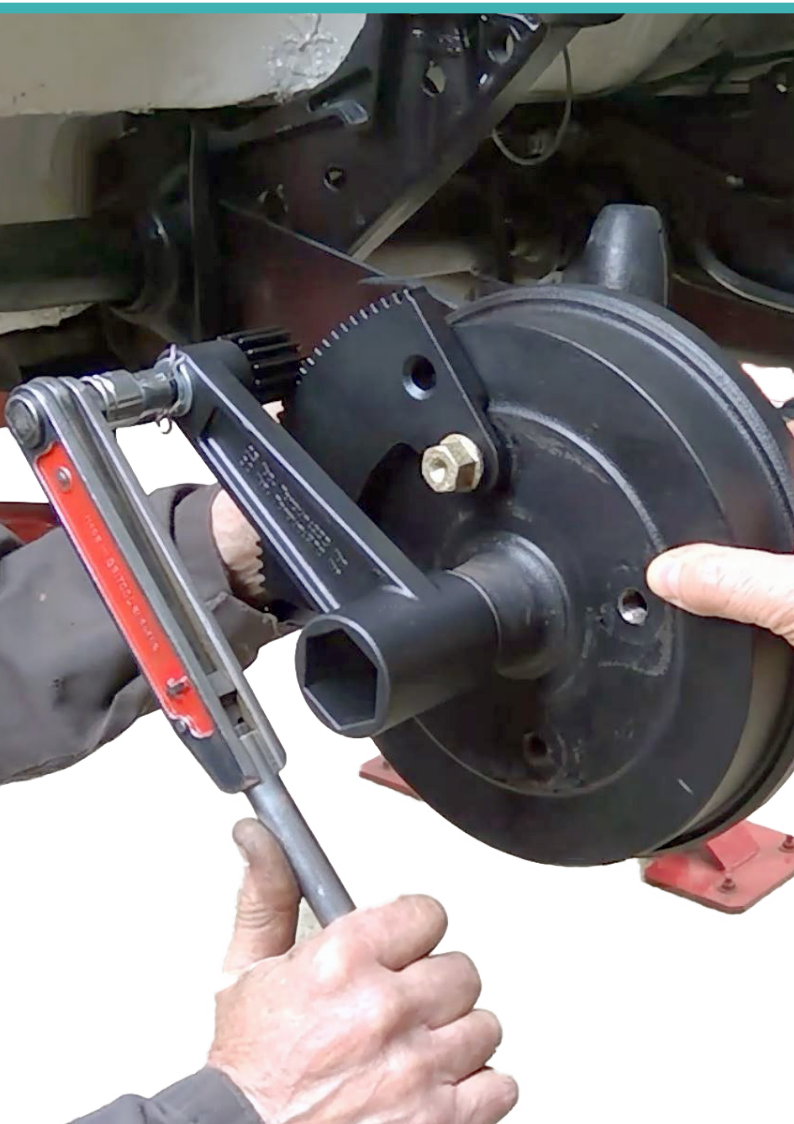
Assurez-vous que l'écrou couronne se trouve dans une position telle que vous pourrez ultérieurement placer la goupille fendue pour fixer l'écrou couronne. Si ce n'est pas le cas, serrez de préférence l'écrou couronne un cran de plus.

L'écrou de la roue arrière est monté sans jeu, contrairement à la roue avant.

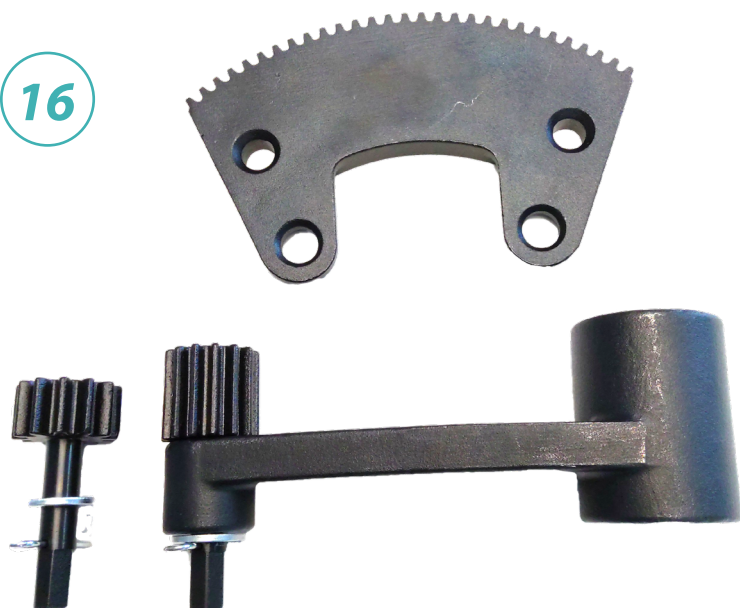
Nous recommandons d'utiliser cet outil uniquement en combinaison avec un cric de garage décent ou un pont, et non avec le cric à ciseaux VW fourni en standard. Fixez l'outil comme indiqué sur les photos et réglez la clé dynamométrique sur 300 Nm (pour IRS). Vous pouvez maintenant exercer une force sur l'écrou sans que le tambour ne tourne.



Un outil encore plus pratique et sûr est ce Torquemeister (photo 16). Dans [l'édition 13](#) nous avons utilisé ce même outil pour serrer le volant moteur. Ci-dessous, nous montrons le Torquemeister en action, vous pouvez avoir votre VW sur un pont ou un cric de garage pendant que vous serrez l'écrou couronne de 36 mm.



16



Le jeu complet de Torquemeister, y compris l'engrenage supplémentaire pour le volant moteur de l'ancien type (109 dents). Cet outil est prévu pour les jantes à 4 et 5 trous.

Pour serrer l'écrou de roue, nous utilisons l'outil supplémentaire de Torquemeister qui se fixe au tambour de frein avec deux boulons de roue. Pour atteindre 300 Nm, nous devons régler la clé dynamométrique à 33 Nm, car le Torquemeister offre un rapport de 9. Avec une petite force de 33 Nm, nous obtenons le même effet qu'avec 300 Nm.



assemblage des freins



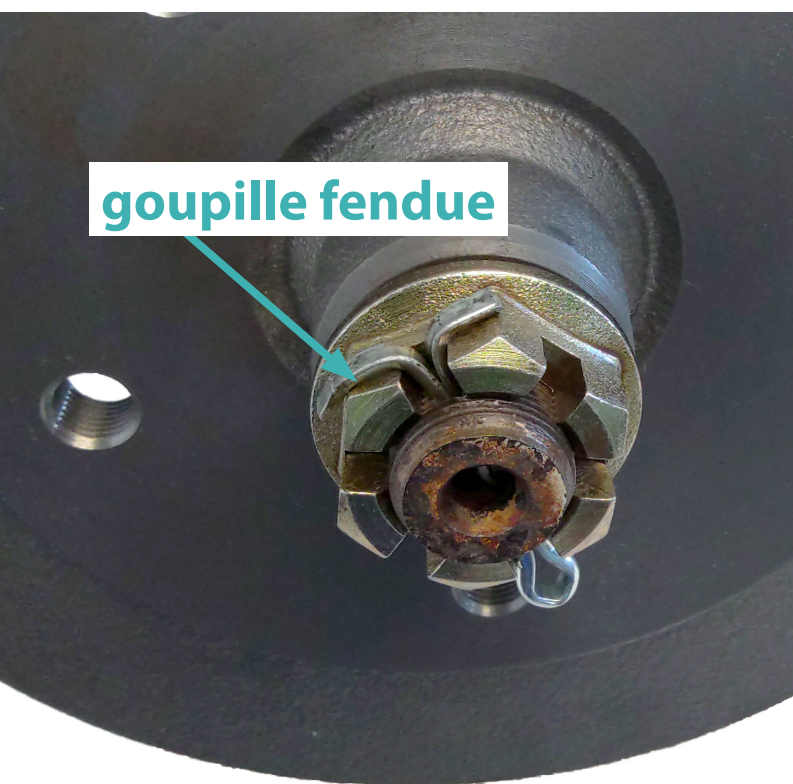
goupille fendue

Enfin, fixez l'écrou couronne avec une nouvelle goupille fendue (photo 17). La réutilisation de l'ancienne goupille fendue n'est pas une bonne pratique. Chaque fois que le tambour de frein est déposé, il est nécessaire de renouveler la goupille. La goupille fendue fixe l'écrou couronne afin qu'il ne puisse jamais se desserrer.

17



À l'aide d'un maillet en caoutchouc, tapez fermement la tête de la goupille fendue contre l'écrou couronne, puis pliez la partie la plus longue de la goupille fendue et tapez les deux parties contre l'écrou couronne. Si les écrous-couronnes sont serrés à 300 Nm et que les goupilles fendues sont correctement fixées, les tambours sont solidement attachés à l'arbre de roue.



goupille fendue

Conclusion

Dans un prochain article, nous purgerons les freins et réglerons les freins avant, les freins arrière et le frein à main.

Introduction

Dans l'édition précédente, nous avons étudié les chutes de tension. Celles-ci se produisent lorsque, par exemple, les contacts d'un interrupteur sont corrodés ou lorsque la tension du ressort d'un interrupteur ou d'un porte-fusible n'est plus ce qu'elle était à la sortie de l'usine. Plus votre Volkswagen est ancienne, plus il est probable que les appareils électriques ne reçoivent plus la totalité des 6 ou 12 volts en raison des pertes de tension entre la batterie et l'appareil en question.

Plus la résistance électrique de l'appareil est faible, plus il consommera mais plus il dépendra des pertes de tension à travers les câbles. Comme la plupart d'entre nous l'ont déjà expérimenté, le démarreur, le moteur des essuie-glaces et les phares sont les premières victimes d'un circuit électrique qui présente des chutes de tension.

En théorie, les connexions électriques entre les appareils ne devraient offrir aucune résistance, et donc aucune perte de tension. Nous savons tous que ce n'est généralement pas le cas avec une voiture ancienne. Il est donc très important de vérifier l'absence de corrosion ou de mauvaises connexions sur tous les contacts.

On ne prête pas toujours attention aux câbles de connexion. Un câble a lui-même une résistance électrique qui dépend du **diamètre** du câble, de sa **longueur** et du **matériau** utilisé. Et bien sûr, beaucoup de choses peuvent mal tourner. Les vieux câbles se détériorent, le matériau isolant durcit et se casse, les connexions se desserrent. La plupart des VW ont une histoire (le plus souvent inconnue) de 50 ans ou plus.



définir le diamètre du câble



Lorsque vous réparez ou remplacez des câbles électriques, il est important de consulter le manuel d'atelier VW pour savoir quel diamètre de câble va avec quelle branche du faisceau de câbles. Lorsque vous commen-

cez à ajouter des accessoires, il est extrêmement important de déterminer vous-même le diamètre correct du câble. C'est ce que nous allons faire dans cet article, calculer le diamètre d'un câble. Déterminer le fusible qui va avec, nous le ferons dans un article ultérieur.

Si vous n'êtes pas un adepte des calculs et que les mathématiques ne sont pas votre matière préférée, alors les prochaines pages ne seront pas intéressantes. Si vous ne voulez lire que le côté pratique, allez directement à la [page 38](#).

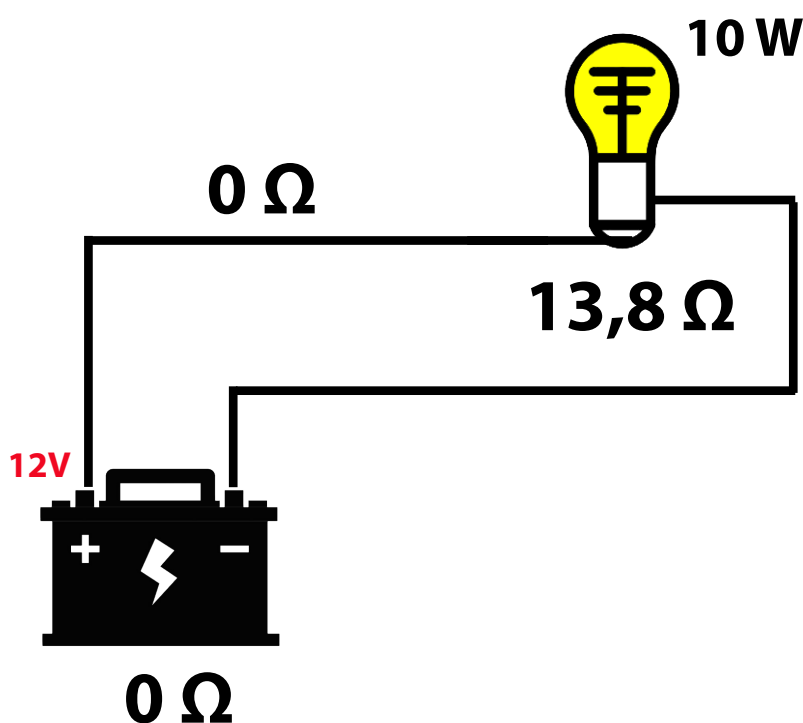
Dans la boutique en ligne Paruzzi, vous trouverez de nouveaux faisceaux de câbles pour chaque type de Volkswagen. Dans certains cas, vous devrez modifier ou ajouter des câbles. Il est alors très important que vous puissiez calculer vous-même le diamètre de câble nécessaire.

Les propriétaires précédents ont remplacé les câbles, les ont rallongés, ils ont ajouté des consommateurs électriques (radio/CD, phares antibrouillard, chauffage supplémentaire, ...) sans penser aux conséquences sur le circuit électrique.

Résistance du câble

Idéalement, un câble a une résistance nulle, seulement dans ce cas il ne générera pas de chute de tension. Un monde idéal n'existe pas, malheureusement, nous savons qu'un conducteur électrique aura une certaine résistance. Si cette résistance est plusieurs fois inférieure à celle du consommateur électrique, donc négligeable, alors tout va bien.

Dans le numéro précédent, nous avons déjà montré cette configuration simple ci-dessous d'une batterie de 12 V avec une ampoule de 10 W. Une batterie saine a une résistance interne de 0 ohms. Si ce n'est pas le cas, la batterie aura une chute de tension, consommera de l'énergie et chauffera, et ne fournira plus les 12 V nécessaires à l'ampoule. Idéalement, le câble électrique aura également une résistance de 0 ohm.

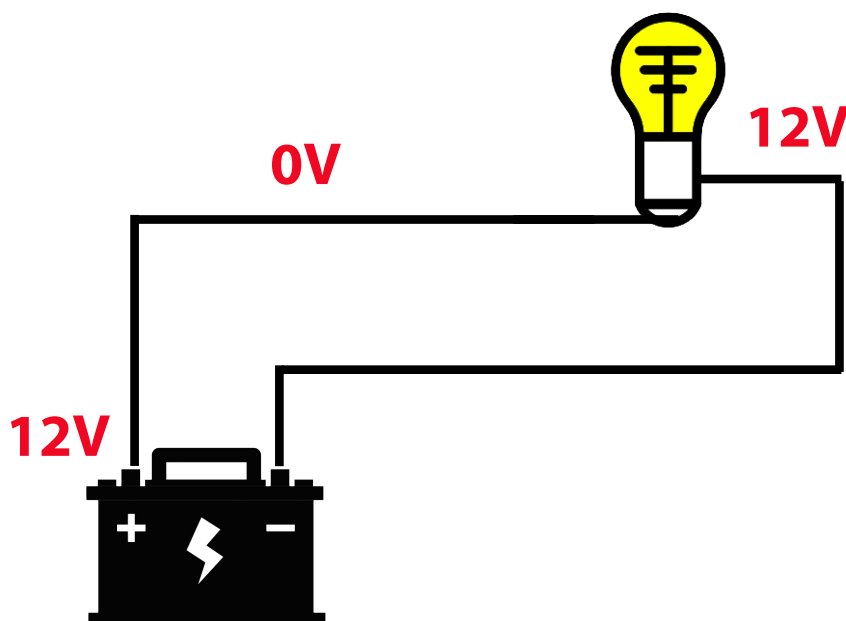


définir le diamètre du câble

Si ce n'est pas le cas, le câble réclamera de l'énergie à la batterie, absorbera de l'énergie, chauffera et l'ampoule ne recevra pas toute sa puissance.

Mais, en pratique, un conducteur à résistance nulle n'est pas réalisable, pas dans une voiture en tout cas. Il existe des solutions pour amener la résistance d'un conducteur à zéro (basse température, supraconducteurs, ...) mais elles ne sont pas réalisables dans une voiture, et pas vraiment nécessaires.

Si la résistance du conducteur électrique est plusieurs fois inférieure à celle du consommateur, alors l'influence deviendra négligeable. Nous devons donc viser un conducteur électrique dont la résistance est plusieurs fois inférieure à celle du consommateur. Le dessin ci-dessous montre un monde idéal dans lequel le consommateur reçoit toute la puissance de la batterie. Nous verrons plus tard comment cela se passe dans la pratique.



Comment calcule-t-on la résistance d'un câble ? La formule suivante (c'est la formule de Pouillet) montre que la résistance d'un câble augmente lorsque la **longueur** (L) du câble augmente et que la **section transversale** (A) du câble diminue, comme suit :

$$R = \rho \times L / A$$

Voyons maintenant ce que cette formule nous apprend.

L: longueur de câble

La formule dit que la résistance du câble devient nulle lorsque la longueur (L) est nulle :

$$R = \rho \times 0 / A = 0 \Omega$$

Ou plus concrètement, lorsque le câble est très court. Vous devez donc toujours essayer de réaliser **la connexion la plus courte possible** entre la source de tension (batterie) et le consommateur. Les longueurs de câble supplémentaires sont hors de question, chaque centimètre de câble supplémentaire créera une résistance supplémentaire, et donc une perte de tension pour l'appareil.

Plus le câble est long, plus il ajoutera de résistance. Cela semble plausible. Deux fois plus long signifie deux fois plus de résistance. Je sais qu'il est tentant de faire le câble un peu plus long que nécessaire, mais la formule est claire, faites le câble aussi long que nécessaire pour réaliser la connexion, pas un centimètre de plus.



longueur = L



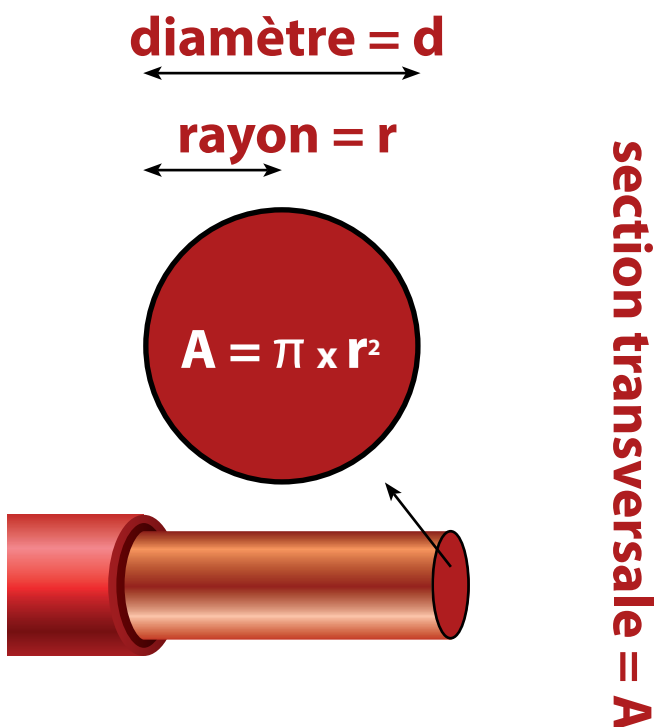
définir le diamètre du câble

A: section transversale

Dans la formule, la section transversale se trouve au bas de la fraction, donc, plus la section transversale est grande (plus le câble est épais), plus la résistance est petite. La formule dit que la résistance devient nulle lorsque la section transversale devient très grande :

$$R = \rho \times L / \infty \approx 0 \Omega$$

En pratique, cette affirmation signifie que le câble doit être aussi épais que possible.



Maintenant, quelle est la relation entre la section transversale et le diamètre. La section transversale A peut être calculée en multipliant le carré du rayon par π , comme suit :

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times r \times r$$

Le diamètre est égal à deux fois le rayon, on peut donc écrire A comme suit :

$$A = \pi \times d/2 \times d/2$$

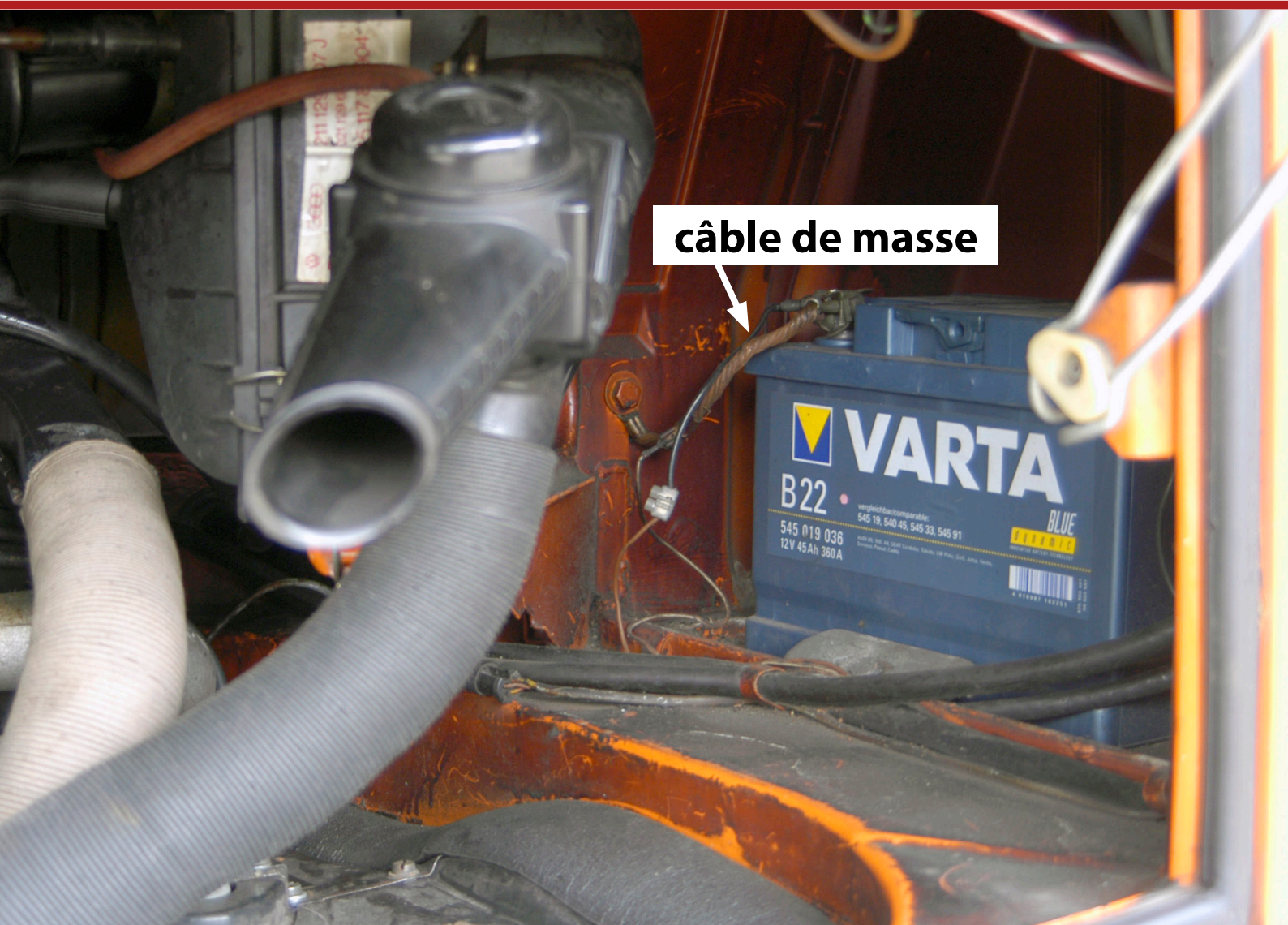
On peut en déduire le diamètre en fonction de la section transversale :

$$d = 2 \times \sqrt{(A / \pi)}$$

Une formule que nous utiliserons bientôt pour mesurer le diamètre d'un câble avec un micromètre.

Bien entendu, les câbles de votre VW ne doivent pas non plus être trop épais, ce qui créerait un problème au niveau du poids total de la voiture, bien sûr aussi au niveau du coût et il y aurait un manque de place pour le câblage. On opte donc pour des câbles qui peuvent plus que supporter le courant requis par les consommateurs connectés.

Une application pratique de la formule consiste à utiliser la carrosserie et le châssis, la boîte de vitesses et le carter du moteur comme masse pour le circuit électrique. Au lieu de faire un câble de masse séparé, qui va au moins de la batterie, pour chaque consommateur, la plupart des consommateurs sont connectés au châssis (voir photo ci-dessous).



définir le diamètre du câble



câble de masse

Le châssis est un très bon conducteur électrique massif, avec une résistance électrique minimale. La section du châssis est évidemment plus grande que celle de tout autre câble, et il n'ajoute aucun poids supplémentaire. Par conséquent, il est très important que toutes les connexions au châssis ou à la carrosserie soient très propres. Un châssis fraîchement peint en poudre peut bloquer le flux électrique. Il faut donc d'abord enlever la peinture avant de connecter les câbles de masse.

Plus le câble est épais, plus la résistance est faible. C'est facile, utilisons toujours le câble le plus épais dont nous disposons. Ce n'est malheureusement pas possible pour les constructeurs automobiles, il y a une limitation de l'espace disponible et une limitation du budget. Plus le câble est épais, plus il est cher. L'objectif est d'utiliser le câble le plus approprié, qui soit encore juste assez épais pour ne pas offrir trop de résistance.

Rappelez-vous notre commentaire précédent, si un câble offre trop de résistance par rapport à la résistance du consommateur, il absorbera de la puissance, chauffera, dans un cas extrême l'isolation du câble fondra ou le conducteur lui-même brûlera. Ne devinez donc pas le diamètre du câble, suivez les directives de cet article.

En résumé, plus le câble est court, mieux c'est, plus il est épais, mieux c'est. Quels sont les autres points à surveiller ?

ρ : Résistivité

Dans la formule de la résistance des câbles, vous verrez également le symbole ρ , qui représente la résistivité d'un conducteur. Chaque matériau a une résistivité différente, vous devez donc choisir pour les conducteurs électriques de votre voiture un matériau ayant la résistivité la plus faible possible, bien entendu le prix et la résistance du matériau jouent également un rôle.

Vous pouvez trouver la résistivité de différents matériaux dans des tableaux, généralement donnés à température ambiante (20°C). Nous indiquons dans le tableau la résistivité d'un certain nombre de bons conducteurs électriques comme l'aluminium, l'or, le cuivre, l'argent et d'un certain nombre de bons isolants électriques comme la bakélite, la porcelaine, le verre, le caoutchouc.

Dans l'industrie automobile, le cuivre a été choisi car ce matériau est plus abordable et résiste mieux aux forces de traction que l'aluminium, plus conducteur.

Matériau	Résistivité ρ (Ωm)
Aluminium	$2.65 \cdot 10^{-8}$
Or	$2.2 \cdot 10^{-8}$
Cuivre	$1.68 \cdot 10^{-8}$
Argent	$1.59 \cdot 10^{-8}$
Bakélite	10^5
Porcelaine	10^{12}
Verre	10^{12}
Caoutchouc	10^{15}

La résistivité du cuivre indiquée dans le tableau est de $1,68 \cdot 10^{-8}$. C'est identique à : $0.0000000168 \Omega\text{m}$.

Si vous avez des difficultés à convertir des mm en m, ou avec la représentation scientifique des nombres ($1,68 \cdot 10^{-8}$), jetez un œil en ligne, il existe de nombreux outils de conversion qui peuvent vous aider. Il existe également des calculatrices en ligne pour calculer la résistance des câbles.



définir le diamètre du câble

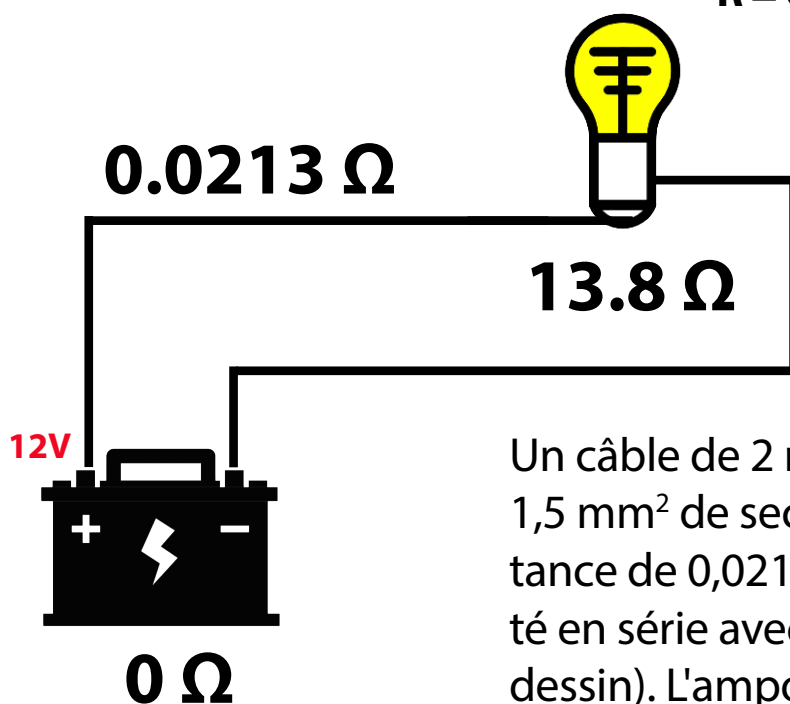
Vous trouverez ci-dessous une répétition de la formule de Poisson (voir page 30) :

$$R = \rho \times L / A$$

Nous pouvons maintenant utiliser la formule pour calculer facilement la résistance d'un câble de notre Volkswagen afin de mieux estimer le rôle qu'il jouera dans la distribution de la tension.

Nous prenons le câble qui va de l'interrupteur d'éclairage du tableau de bord au feu arrière (5 W). D'après le schéma électrique, il s'agit d'un câble en cuivre d'une section de 1,5 mm² (tout doit être converti en mètres, soit 0,0000015 m² ou en mode scientifique 1,5 10⁻⁶). La longueur du câble entre le tableau de bord et le feu arrière est d'environ 2 mètres. La résistance du câble est donc (à 20°C) :

$$R = 0.0000000168 \times 2 / 0.0000015$$
$$R = 0.0213 \Omega$$



Un câble de 2 mètres et de 1,5 mm² de section a une résistance de 0,0213 Ω et est connecté en série avec l'ampoule (voir dessin). L'ampoule électrique a une résistance de 13,8 ohms (voir [édition 23](#)).

Si nous effectuons à nouveau le calcul comme dans l'édition précédente, l'ampoule aura une tension de :

$$U_{\text{ampoule}} = U_{\text{batterie}} \times (R_{\text{ampoule}} / R_{\text{total}})$$

$$U_{\text{ampoule}} = 12\text{V} \times (13.80 \Omega / 13.8213 \Omega)$$

$$U_{\text{ampoule}} = 11.98 \text{ V}$$

L'ampoule avec un câble de 1,5 mm² de 2 mètres reçoit presque le plein 12 V, à savoir 11,98 V. Si le câble est de 0,5 mm², la résistance est trois fois plus grande, l'ampoule ne reçoit plus que 11,94 volts. Chaque dixième de volt sera une perte visible d'efficacité de l'éclairage. C'est un phénomène connu avec les Volkswagen 6 volts, elles sont devenues célèbres pour leur éclairage faible.

t: Influence de la température

Mais une conséquence encore plus importante de l'augmentation de la résistance du câble est la puissance que le câble absorbera, et les effets (parfois désastreux) sur la température du câble.

Un câble en cuivre aura toujours une certaine résistance, même si elle est très faible. Lorsqu'un courant électrique (I) circule dans le câble, une quantité de puissance (P) est consommée :

$$P = U \times I$$

Cette puissance absorbée va faire chauffer le fil. Une augmentation de la résistance se produit dans un conducteur en cuivre lorsque la température augmente. L'augmentation de la résistance est, dans certaines limites de température, pratiquement proportionnelle à l'augmentation de la température. La variation de la valeur de la résistance est exprimée par α , qui est le coefficient de température.



définir le diamètre du câble

Pour le cuivre, α est de 0,0038. Si le câble s'échauffe de 20°C à, disons, 100°C parce que, par exemple, trop de courant le traverse, parce que trop de consommateurs sont connectés ou parce que le câble est trop fin, la résistance du câble augmente comme suit :

$$\alpha \times (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$
$$0,0038 \times (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 30\%$$

La résistance de notre câble de 2 mètres et de 1,5 mm² était de 0,0213 Ω et augmentera de 30 % à 0,0277 Ω en raison de l'échauffement. Cependant, l'échauffement du fil augmentera plus que la puissance. Ceci est dû au fait que pour les métaux, la valeur ρ , et donc la résistance, augmente avec l'augmentation de la température. Avec l'augmentation de la résistance, plus de puissance sera tirée et le fil s'échauffe encore plus ... le consommateur recevra de moins en moins de puissance, le câble s'échauffe davantage, jusqu'à ce que l'isolation fonde ou que le câble brûle.

Par conséquent, la quantité de courant qui peut circuler dans un conducteur de section A est limitée. Si la limite supérieure est dépassée, le fil s'échauffe trop, de sorte que l'isolation fond et que le risque de court-circuit augmente.

Il est donc très important que le conducteur électrique reste froid, de sorte que toute la puissance soit transmise au consommateur. Pour y parvenir, vous devez vous assurer que la section du câble est suffisamment grande pour que la puissance développée du câble reste faible. Si nous examinons la formule $P = I^2 \times R$, nous constatons que plus le courant souhaité est important, c'est-à-dire plus le consommateur électrique est grand, plus la résistance du câble doit être faible pour obtenir la même puissance. Plus la résistance est petite, plus la section du câble est grande. Mais comment déterminer la section ?

Déterminer le diamètre du câble

Nous arrivons maintenant à la partie pratique de cet article : comment déterminer l'épaisseur d'un conducteur électrique ?

Nous allons vous expliquer comment le faire de manière pratique, même si vous n'avez pas suivi les explications des pages précédentes.

Une perte de tension à travers le conducteur électrique est inévitable, nous avons affaire à du cuivre et nous ne pouvons pas rendre la section du câble infiniment grande. Une perte de tension totale de 5% sur tous les contacts et interrupteurs est considérée comme acceptable. Cela laisse 95% pour le consommateur. Si la batterie donne 12,5 volts à vide, cela laisse 11,88 volts pour le consommateur. Sur les 5 % de pertes, nous supposons que 0,5 % provient du câble électrique et 4,5 % des contacts, fusibles, interrupteurs...

0,5 % comme chute de tension maximale à travers le câble est utilisable à la fois pour 12 V et 6 V.

A titre d'exemple, nous allons prendre l'ajout de feux de brouillard de 55 W comme celui ci-dessous. Nous supposons que nous avons exactement 12 V au plus de la boîte à fusibles. Nous prenons une longueur de câble de 2 mètres entre la boîte à fusibles et un feu. La connexion à la terre se fait à travers le châssis, donc cette connexion aura une résistance minimale (négligeable).



définir le diamètre du câble

Si nous prenons en compte une perte de tension maximale de 0,5 % à travers le conducteur, alors un maximum de 0,06 volt devrait être perdu à travers ce conducteur. Le courant que consommera chaque lampe, si elle est connectée à 12 volts (moins la perte de 0,06 volt), est le suivant :

$$I = P / U$$

$$I = 55 \text{ W} / 11,94 \text{ V} = 4,61 \text{ A}$$

Vous devrez commuter les feux de brouillard avec un relais! Nous utilisons la loi d'ohm pour déterminer la résistance souhaitée du câble pour une chute de tension maximale de 0,5% :

$$R = U / I$$

$$R = 0,06 \text{ V} / 4,61 \text{ A} = 0,01 \Omega$$

Nous savons maintenant que le câble doit avoir une résistance maximale de 0,01 ohms.

En utilisant la formule de Poisson, nous pouvons déterminer la section transversale, comme suit:

$$A = \rho \times L / R$$

$$A = 0,0000000168 \times 2 / 0,01$$

$$A = 0,0000032 \text{ m}^2$$

Jusqu'à présent, tout était exprimé en mètres, nous voulons tout convertir en mm, car la section transversale des câbles est exprimée en mm², nous devons convertir les m² en mm², ce que vous faites en multipliant A par 1.000.000.

$$A = 3,2 \text{ mm}^2$$

Donc le câble pour le feu doit être au moins de 3,2 mm² si on veut avoir moins de 0,5% de perte de tension. Nous prenons en compte 2 mètres de câble car la masse est reliée au châssis (sinon 2 fois 2 mètres).

Dans tous ces calculs, nous supposons une température ambiante de 20°C. Si les câbles sont regroupés en faisceau, puis recouverts d'une isolation en plastique ou d'une gaine thermorétractable et situés très près du moteur, la température peut monter très haut. Les températures ambiantes élevées (plus de 45°C dans certains pays) peuvent également provoquer des températures élevées sous le capot. Comme nous l'avons vu précédemment, une augmentation de température

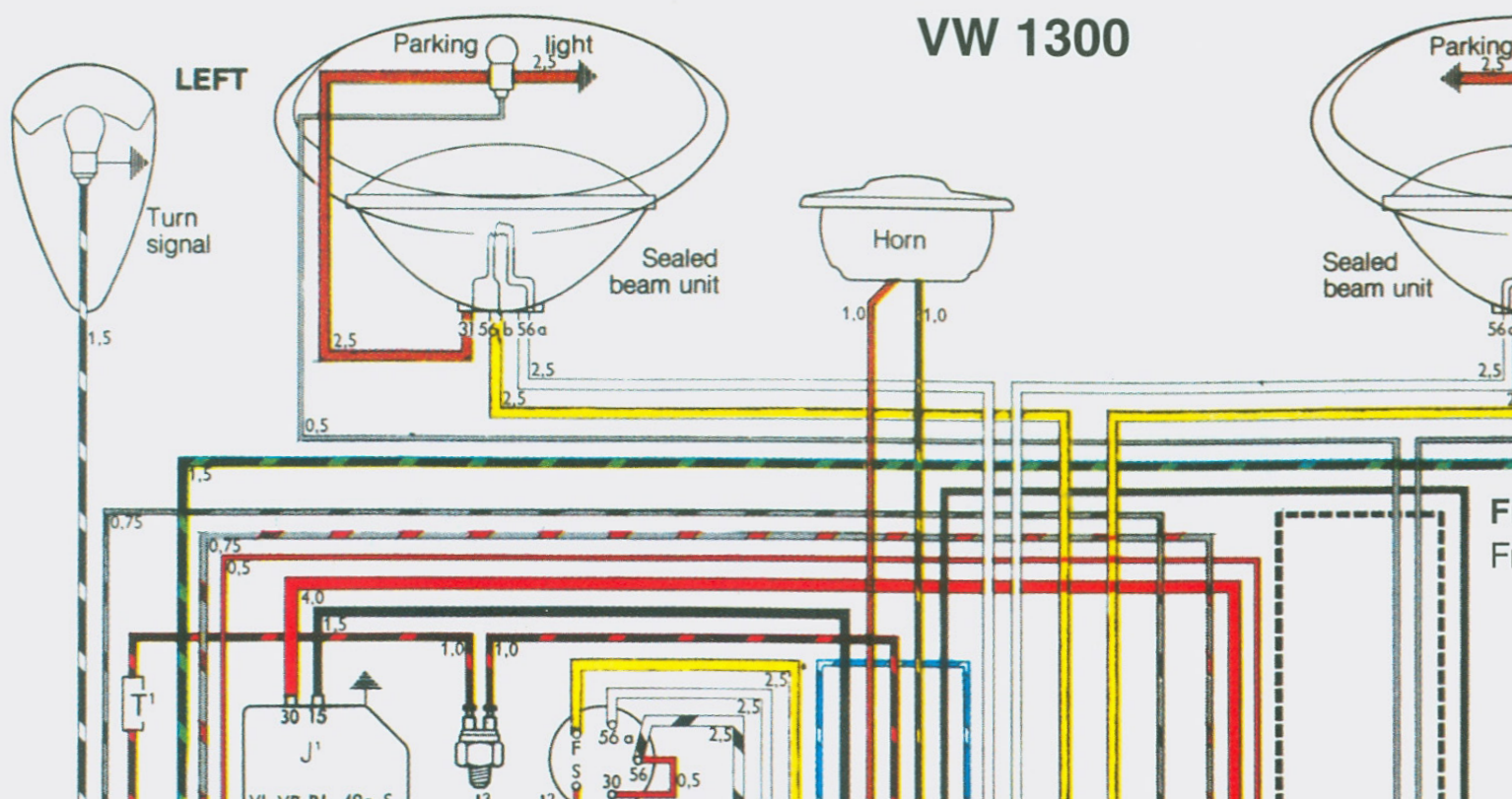
de 20°C à 100°C se traduit par une augmentation de 30% de la résistance. Nous devons donc prendre une marge pour tenir compte de la chaleur à laquelle nos câbles sont exposés.

Si nous regardons la section utilisée par Volkswagen dans une VW 1300 (schéma ci-dessous), cela nous donnera une idée de la distance qui nous sépare des calculs effectués par l'usine :

phare avant 45 W => 2,5 mm²

clignotant 21 W => 1,5 mm²

nos feux 55 W => 3,2 mm²



définir le diamètre du câble

Si la section transversale n'est pas mentionnée sur le câble, vous pouvez la mesurer avec un micromètre. Généralement, un câble est cylindrique, la formule pour calculer le diamètre (d) en fonction de la section transversale est la suivante (voir page 31). Si nous utilisons la section calculée de 3,2 mm² de la page 39, nous pouvons calculer le diamètre :

$$d = 2 \times \sqrt{(A / \pi)}$$
$$d = 2 \times \sqrt{(3,2 / 3,14)} = 2,02 \text{ mm}$$

Le câble le plus fin rencontré dans notre VW est de 0,5 mm². Bien que l'on puisse faire plus fin, ce n'est pas recommandé car le câble devient trop fragile.



Si vous ne connaissez pas le diamètre d'un câble, vous pouvez le déterminer avec un micromètre. Si votre câble a une épaisseur d'au moins 2,02 mm, il sera utilisable pour les feux. Dans la pratique, nous prenons un diamètre de câble qui est disponible en standard. L'image ci-dessous montre comment nous mesurons un câble de 2,5 mm², le diamètre est de 1,7 mm. Faites le calcul avec la formule à gauche.

Conclusion

Cet article a tenté de faire comprendre que vous ne pouvez pas utiliser n'importe quel câble, et, essayez de garder la longueur la plus courte possible et de calculer le diamètre du câble en fonction du consommateur. Et, bien sûr, ces consommateurs auront besoin d'un fusible. Un fusible supplémentaire dans la boîte à fusibles d'origine s'il reste de la place, ou un fusible additionnel. Plus d'informations à ce sujet dans [édition 05](#).

Introduction



En travaillant sur de vieilles VW, il est fréquent de rencontrer des boulons qui n'appartiennent pas à l'application pour laquelle ils sont utilisés. Trop souvent, des passionnés inexpérimentés remplacent un boulon par un autre boulon dont ils disposent. Le résultat peut être que le filetage dans, par exemple, la carrosserie, le châssis ou la rotule est endommagé, ce que vous remarquerez alors immédiatement. Le pire est qu'un boulon se casse après un certain temps en raison d'une surcharge, ce que vous ne voulez pas rencontrer lorsqu'il s'agit de freins ou de suspension.

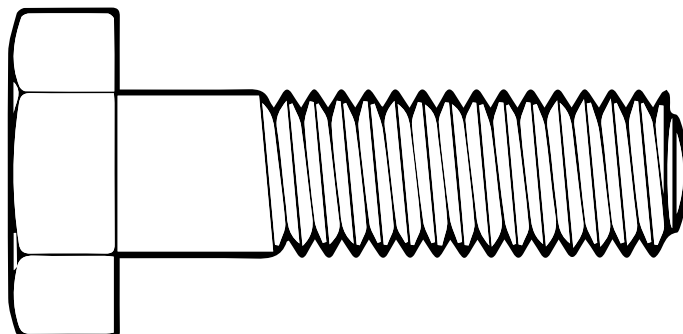
Selon Wikipédia, un boulon est une tige ronde en métal ou autre matériau à laquelle on a appliqué des filets et qui possède une tête. Lorsqu'il est associé à un écrou, c'est un moyen de relier deux ou plusieurs objets. Lorsque la tête comporte une fente, une croix, un Allen... on parle alors de vis.

L'objectif premier de cet article est de faire prendre conscience au lecteur que les boulons existent sous différentes formes. Il n'est certainement pas question d'énumérer tous les types de boulons, mais plutôt d'indiquer les propriétés les plus importantes à prendre en compte.



boulons métriques

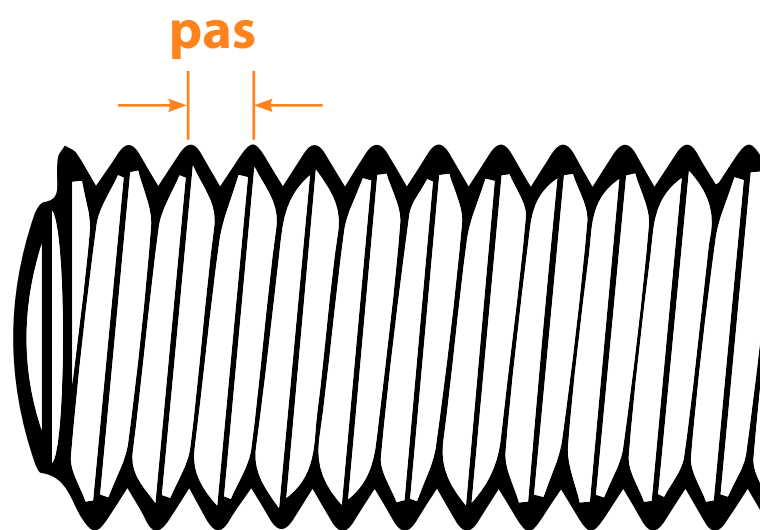
Bolt properties



Pas de vis

Le pas de vis d'un boulon est probablement la propriété la plus méconnue des passionnés. Dans les quincailleries, vous trouverez principalement des boulons métriques avec un pas standard tel que décrit par les normes DIN-ISO. Nos VW utilisent des boulons métriques mais le pas peut parfois différer de la norme DIN. Le pas des filetages métriques est indiqué en millimètres (pour les filetages anglais, il est indiqué en filets par pouce).

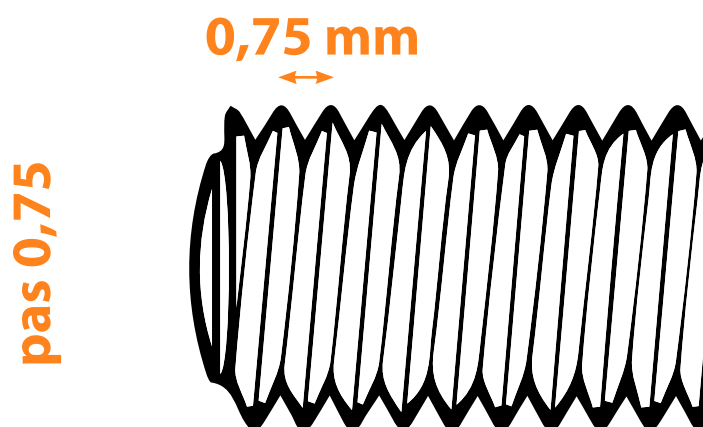
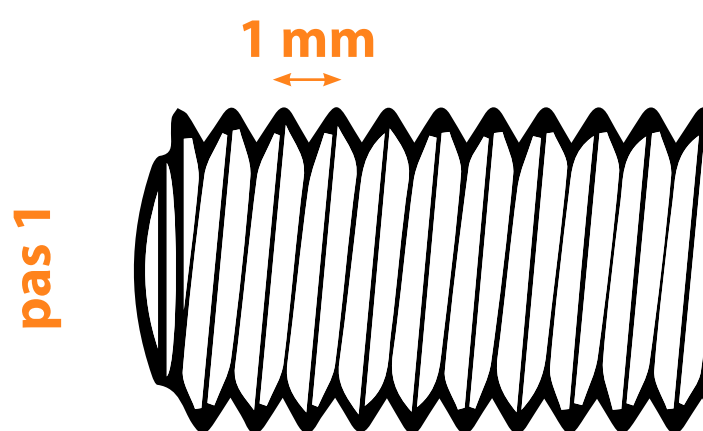
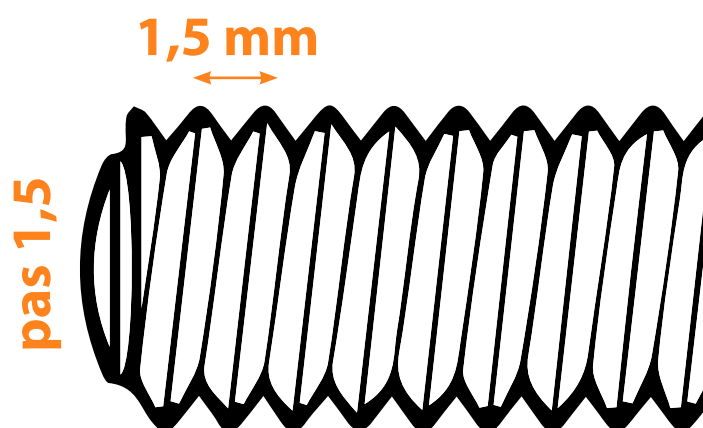
Mais qu'est-ce que le pas de vis ? Le pas de vis est la distance entre les filets exprimée en millimètres (mesurée sur la longueur de la fixation), c'est le déplacement le long de l'axe par révolution. Ou encore, le pas est le déplacement de la ligne de la vis à un tour comme nous le montrons dans le dessin ci-dessous.



Le pas de vis est exprimé en millimètres pour les boulons métriques. Pour un boulon dont le pas est égal à 1, les extrémités du filetage sont distantes d'exactly 1 mm. Avec un pas de 1,5, c'est 1,5 mm, avec 0,75, c'est 0,75 mm, et ainsi de suite.

Si vous essayez d'insérer un boulon au pas de 1,5 dans un écrou au pas de 1, les deux seront irrémédiablement endommagés. S'il s'agit d'un écrou, vous pouvez rapidement trouver un autre écrou (et boulon). Mais s'il s'agit d'une pièce plus difficile à remplacer, comme le carter d'un moteur ou une rotule, les coûts s'accumulent rapidement.

Le message est donc le suivant: mesurez d'abord, puis assemblez. Il existe des boulons à pas métrique standard, à pas fin (un pas plus petit est plus solide car le boulon retient plus de matière, mais il a aussi un couple plus faible) et à pas grossier (plus grand que le pas standard).



Mais comment mesurer le pas?



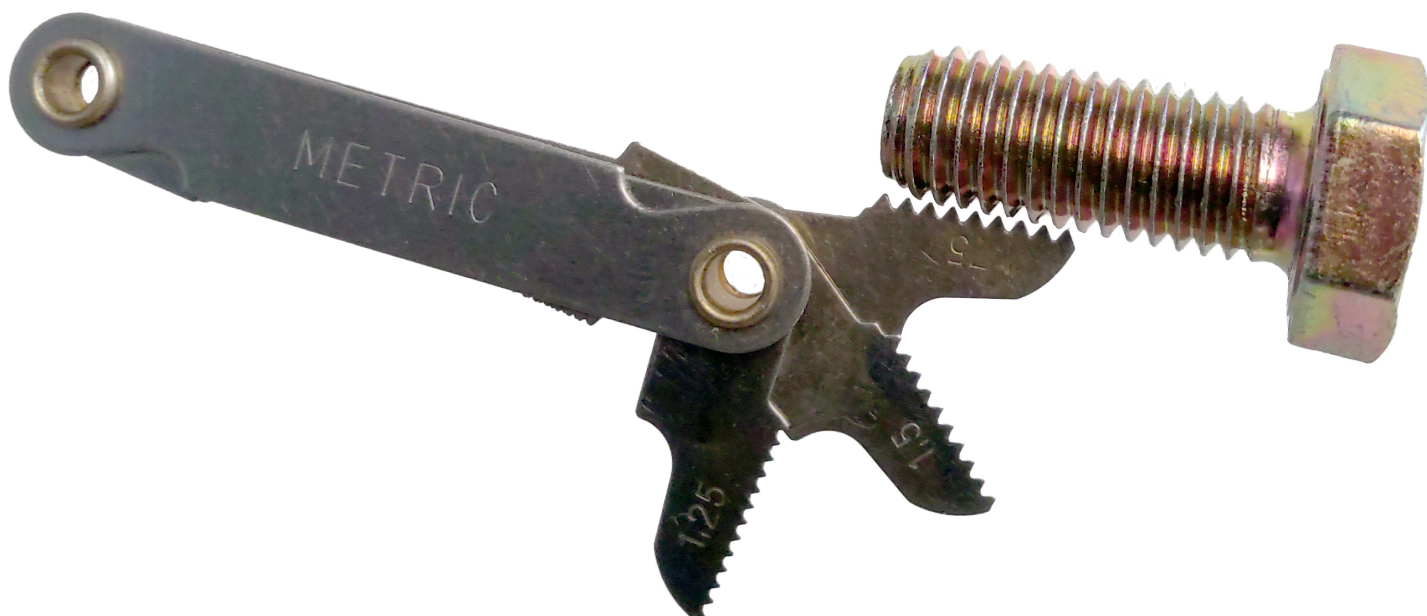
boulons métriques

La méthode la plus précise consiste à utiliser une jauge de pas de vis, comme le montre l'image de droite. Il en existe de différentes formes, mais ce que vous devez acheter est une jauge de pas métrique. Vous pouvez voir les différentes dentelures du pas allant de 0,5 à 2,0.

Leur utilisation est très simple, vous placez les dents de l'outil contre les filets du boulon jusqu'à ce que vous obteniez une correspondance. Ci-dessous, nous montrons un boulon M12 standard avec un pas de 1,75.

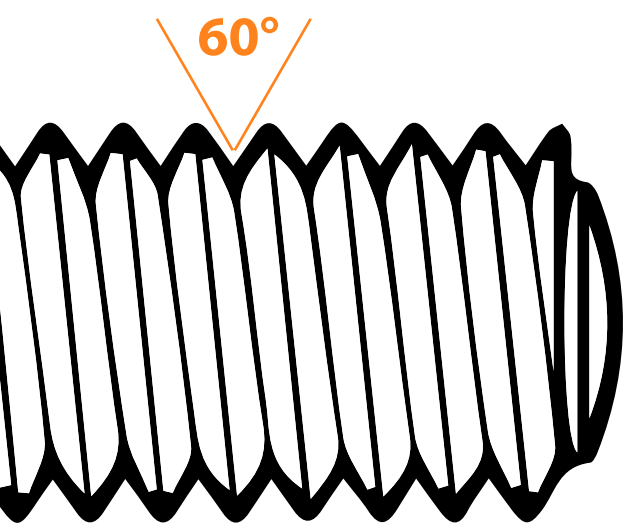


Si vous ne disposez pas d'un tel outil de mesure, vous pouvez mesurer la distance entre 10 révolutions du filetage et la diviser par 10. Ou bien faites tourner un écrou 10 fois sur le boulon et mesurez la distance parcourue. Pour notre boulon ci-dessous, l'écrou a parcouru exactement 1,75 cm, divisez ce chiffre par 10 et vous obtenez un pas de 1,75 (mm). Mais vous ne pouvez pas vérifier l'angle du filetage de cette façon.



Angle du filetage

Il est recommandé d'utiliser une jauge de pas car l'angle du filetage peut être différent. Pour les filetages métriques, l'angle de filetage est de 60° .



L'angle du filet est indiqué dans le dessin ci-dessus. Tous les filetages n'ont pas un angle de 60° . Dans la version anglaise (Whitworth), il est de 55° . Avec la jauge d'écartement, vous pouvez, si vous regardez atten-

tivement, par exemple avec une loupe, voir que l'angle de filetage du boulon est le même que l'angle de filetage de la jauge. Si ce n'est pas le cas, vous devriez essayer avec une jauge Whitworth, comme celle illustrée ci-dessous, qui peut traiter à la fois le système métrique et le système Whitworth.

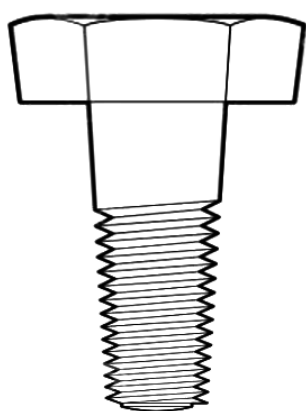
Filet conique

La plupart des boulons ont un filet droit, c'est-à-dire un filet cylindrique, c'est-à-dire que la largeur du filet est la même sur toute la longueur. Les boulons métriques standard ont toujours un filetage cylindrique.



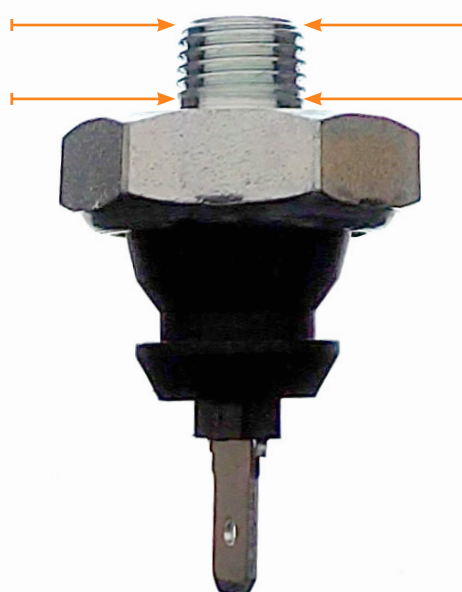
boulons métriques

Il existe également des boulons coniques où les filets sont coniques (dessin ci-dessous, un peu exagéré pour bien comprendre ce que nous voulons dire).



Ce type de boulon est utilisé pour sceller, par exemple, la vidange d'huile de la boîte de vitesses ou du carter du moteur. Ils se ferment d'eux-mêmes, sans joint, en les serrant au couple prescrit. S'il est serré trop fort, ce type de boulon peut provoquer la fissuration du carter du moteur ou de la boîte de vitesses. Suivez donc attentivement les instructions du manuel d'atelier Volkswagen !

Un autre exemple sur notre Volkswagen classique est le capteur de pression d'huile (photos ci-dessous) qui se visse dans le carter du moteur sans joint. Il suffit de serrer manuellement jusqu'à ce qu'une résistance soit ressentie pour assurer l'étanchéité. Si vous voulez le serrer jusqu'au carter, vous risquez d'endommager le capteur et pire, le carter.

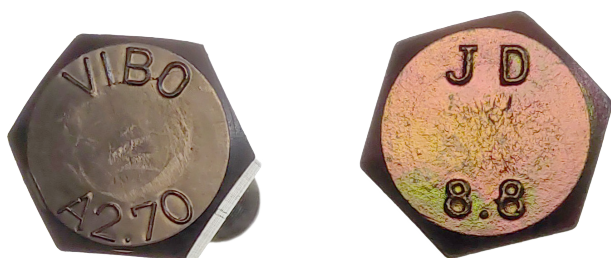


9,7 mm

9,9 mm

Résistance à la traction

C'est la caractéristique du boulon qui est parfois malmenée, malheureusement. Les détails techniques à ce sujet sont réservés aux ingénieurs spécialisés dans la mécanique et la théorie de la résistance des matériaux. Mais que devons-nous retenir, en tant qu'amateurs de VW, à ce sujet ? Le code ISO de la résistance à la traction est indiqué sur la tête du boulon (photo ci-dessous, à gauche un boulon 2.70, à droite 8.8).



Sur l'emballage (pour les boulons que nous utilisons à titre d'exemple), la résistance à la traction et le matériau sont indiqués dans le coin supérieur droit. Il s'agit de boulons M10 dont la résistance à la traction est de 8,8.

Volkswagen ne précise nulle part la résistance à la traction nécessaire. Il est donc très important que vous choisissiez dans notre boutique en ligne le boulon, la vis et l'écrou correspondant à la bonne application. Nous avons calculé tout cela pour vous en vérifiant les boulons d'origine pour chaque type de VW. Si vous avez démonté un boulon vous-même, lisez la résistance à la traction sur la tête du boulon avant de commander (bien sûr, ce n'est pas une garantie, un mécanicien précédent pourrait avoir remplacé le boulon).

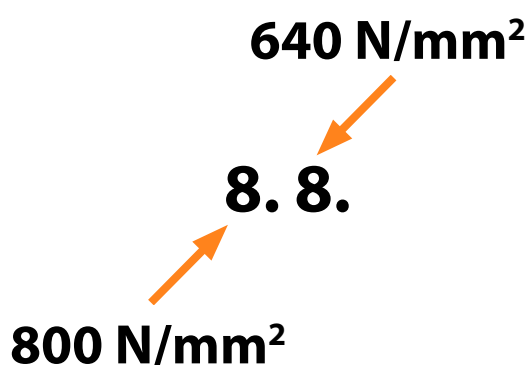


Mais que signifie 8,8 ?



boulons métriques

Le chiffre qui précède le point représente 1 % de la résistance à la traction exprimée en N/mm^2 . Ainsi, un boulon 8.8 a une résistance à la traction de 800 N/mm^2 . Le chiffre après le point est la limite d'élasticité. Elle est exprimée en dixièmes du pourcentage de la résistance à la traction. Dans ce cas, elle est de $80 \% \text{ de } 800 = 640 \text{ N/mm}^2$.



Un boulon dont la désignation sur la tête est 12.9. a une résistance à la traction de 1200 N/mm^2 et une limite d'élasticité de $90\% \text{ de } 1200$ (ce qui est égal à 1080 N/mm^2).

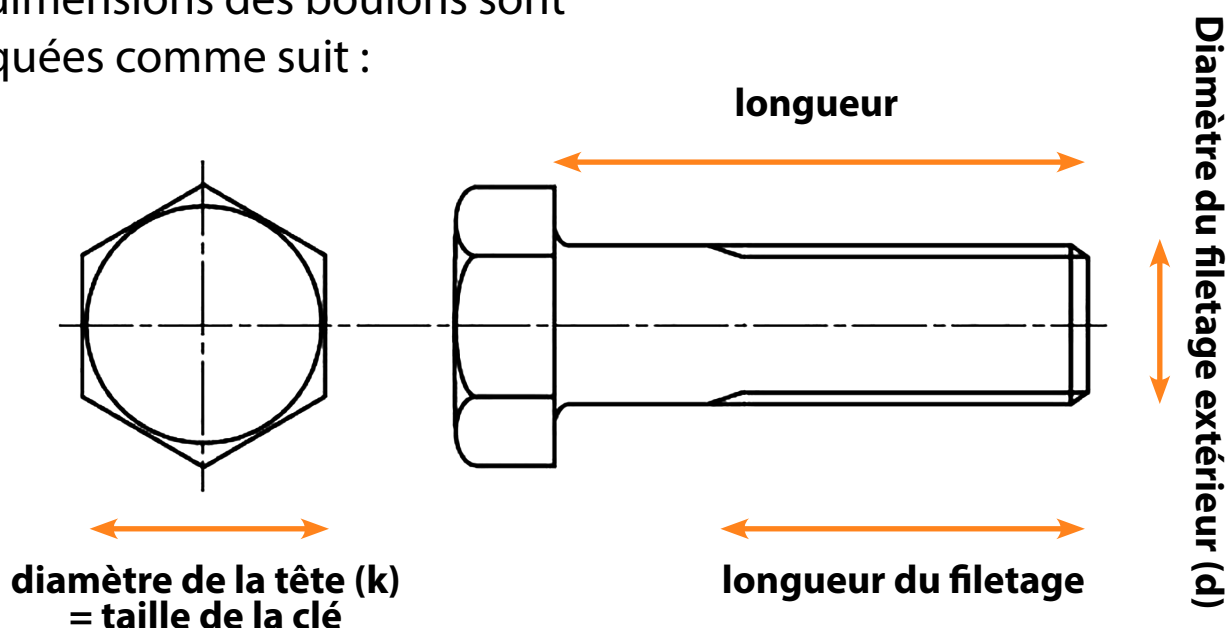
La **résistance à la traction** est la force de traction nécessaire pour que le boulon change définitivement de forme. C'est-à-dire que le boulon s'étire et ne prend plus sa forme initiale. Le boulon est irrévocablement endommagé et se casse.

La **limite d'élasticité** (ou contrainte d'élasticité) est la force nécessaire pour que le boulon change de forme, une déformation plastique. Si cette force n'est pas maintenue pendant trop longtemps, le boulon reprendra sa forme initiale.

Les fabricants utilisent des boulons dont la charge est inférieure à la limite d'élasticité. Dans certaines applications où les charges sont importantes, comme les volants moteur, les embrayages ou les arbres d'entraînement, on utilise une résistance à la traction de 12,9, par exemple.

Dimensions

Les dimensions des boulons sont indiquées comme suit :



Les boulons métriques sont normalisés ; le tableau de la page suivante indique les valeurs courantes. Le tableau vous indique le pas des boulons métriques standard et la clé à utiliser pour les serrer.

Si vous avez affaire à des boulons métriques standard, vous pouvez également déduire le couple de serrage à partir du tableau. Notez que plus la résistance à la traction est élevée, plus le couple de serrage est important.



Ci-dessus, nous montrons un boulon de la page 48, un M10, il est serré avec une clé de 17 selon le tableau. Je voulais vérifier cela pour voir si mon explication était correcte.



boulons métriques

Tailles divergentes

Comme nous l'avons mentionné au début de cet article, il n'est pas dans notre intention de commencer à énumérer tous les types de boulons. Nous voulions informer le lecteur que non seulement un boulon peut avoir une longueur ou une épaisseur différente, mais que d'autres propriétés sont au moins aussi importantes. Le diamètre du filetage extérieur est indiqué par Volkswagen dans les livres de pièces, ainsi que la longueur et le pas, mais malheureusement pas la résistance à la traction.

Si vous travaillez également avec d'autres marques, vous pouvez rencontrer les formats les plus exotiques, par exemple un M10 avec une tête plus fine et un filetage fin (photo ci-dessous).



Dans les articles suivants, nous verrons notamment comment restaurer les filetages et comment ancrer les boulons.

				traction 6.8	traction 8.8	traction 10.9	traction 12.9
	d	pas	k	couple (Nm)			
M5	5	0,8	8	4,8	6,4	9,4	11
M6	6	1	10	8,3	11,1	16,3	19,1
M8	8	1,25	13	20	27	39	46
M10	10	1,5	17	40	53	78	92
M12	12	1,75	19	69	92	136	159
M14	14	2	21	111	148	218	255
M16	16	2	24	174	232	341	399
M18	18	2,5	27	239	330	469	549
M20	20	2,5	30	341	471	667	781

