

Les joints de transmission

<https://www.anciennes-automobiles.fr/00-technologie-cardan.php>

Il existe plusieurs types de joints de transmission utilisés dans l'automobile.

Un joint de transmission est un système mécanique composé de pièces mobiles ou déformables, qui transmet le mouvement de rotation d'un arbre à un autre et dont les axes sont mobiles pendant le fonctionnement de l'ensemble.

Le plus souvent, les axes de rotation des axes des arbres sont concourants en un point occupé par le joint et forment entre eux un angle variable. Parfois, les arbres peuvent ne pas être alignés, tout en restant parallèles. Il arrive également que les arbres ne soient ni concourants, ni parallèles.

En mécanique automobile, un joint de transmission sera utilisé pour entraîner les roues motrices d'un véhicule, soit par l'intermédiaire d'un arbre vers le pont arrière, soit par l'intermédiaire de demi-arbres vers les roues avant motrices.

Nous allons examiner les joints de transmission les plus couramment utilisés dans ce domaine, sachant qu'il existe également des joints Tracta, Bendix, etc.

Joint de Cardan

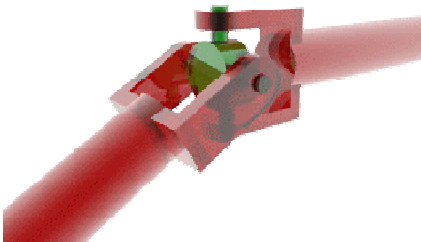
Histoire

Le cardan ou « joint de cardan » a été inventé par un mathématicien milanais du nom de Girolamo Cardano (XVI^{ème} siècle).

Pour la petite histoire, il a également mis au point les principes de résolution des équations du troisième degré.

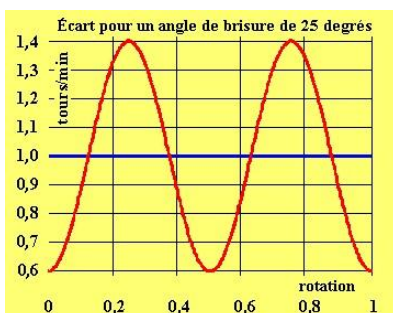
Fonctionnement

Le cardan a pour fonction de transmettre le mouvement circulaire d'un arbre d'entrée à un arbre de sortie non situé dans le même axe. Il a malheureusement l'inconvénient majeur de ne pas être homocinétique (si évidemment la vitesse de rotation globale des deux arbres est la même, leur vitesse angulaire instantanée n'est pas la même et l'écart est d'autant plus grand que l'angle de brisure, c'est à dire l'angle formé par les deux arbres, est grand).



Principe de fonctionnement du joint de cardan © Van Helsing

Le schéma ci-dessous montre que pour une brisure de 25 degrés, les écarts instantanés de vitesse de rotation peuvent aller jusqu'à $\pm 40\%$.



Écarts de vitesse de rotation instantanée

C'est pourquoi, bien que l'angle maximum d'utilisation d'un joint de cardan soit de 40 degrés, on se limite raisonnablement à environ 15 degrés. Sur un véhicule, les angles de brisure sont moins importants.

Certains se rappellent certainement des à-coups de la vitesse de rotation des roues avant des 2CV quand elles braquaient. Ceci était dû au fait que Citroën n'avait monté sur les demi-arbres de transmission des roues avant de cette auto que de simples joints de cardan ; cette « anomalie » a disparu sur cette auto vers 1970 avec la mise en place de deux joints de cardan par demi-arbre.



Les joints de cardan d'une ancienne 2CV ©

Pour pallier ce problème de variation de vitesse instantanée, il faut que la transmission comprenne deux joints de cardan et que l'arbre de sortie du second soit strictement parallèle à l'arbre d'entrée du premier, ce qui n'est évidemment pas toujours évident à respecter. On a résolu ce souci en remplaçant par la suite les joints de cardan par des joints homocinétiques.

Utilisation

Revenons au joint de cardan. Une condition supplémentaire de bon fonctionnement d'un double joint de cardan est que les deux fourches soient dans le même plan. Ce point a son importance dans le remontage d'un arbre de transmission.

On le comprend bien, les différences de vitesses angulaires provoquent des contraintes qui entraînent l'usure des cardans ; ces pièces sont donc à surveiller et à graisser régulièrement. Si elles sont protégées par un soufflet caoutchouc, bien veiller à le surveiller et le remplacer dès qu'il se déchire.

Joint d'Oldham

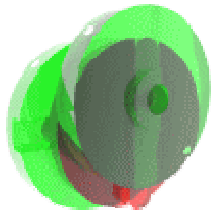
Histoire

Le joint d'Oldham a été inventé par l'ingénieur irlandais John Oldham vers 1820 pour résoudre un problème technique lié à l'alignement des arbres de transmission dans le système de rotation des roues à aubes de bateaux à vapeur.

Fonctionnement

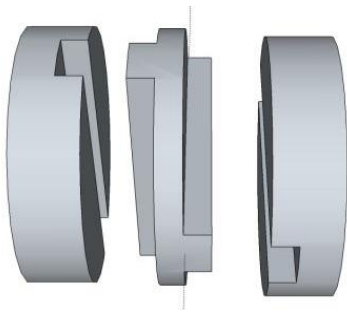
Le joint d'Oldham permet de transmettre de façon homocinétique la rotation d'un premier arbre à un second, parallèle au premier mais dont les axes ne sont pas alignés.

Son homocinétisme est un gros avantage par contre les frottements générés lors de sa rotation le limitent à des vitesses de rotation faibles et des décalages d'axes minimes.



Principe de fonctionnement du joint d'Oldham © Van Helsing

Le joint d'Oldham est composé de 3 disques. Deux sont solidaires de chacun des arbres et usinés avec une rainure le troisième est libre et placé entre les deux autres. Il est usiné avec une nervure sur chacune de ses faces. Ces rainures s'insèrent dans les nervures des deux premiers disques.



Constitution du joint d'Oldham © Mekanizmalar

Utilisation

On le rencontrera souvent sur les colonnes de direction.

Joint Rzeppa

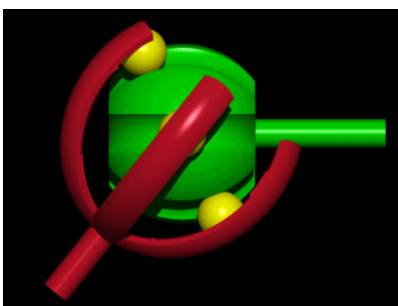
https://fr.wikipedia.org/wiki/Joint_Rzeppa

Histoire

Le joint Rzeppa a été imaginé et conçu par l'ingénieur tchèque Alfred H. Rzeppa en 1926. Il a ensuite été amélioré en 1936.

Fonctionnement

On voit bien sur cette animation comment est conçu et fonctionne ce type de joint homocinétique. L'arbre mâle est muni d'une rotule dentée ; il s'insère à l'intérieur d'une demi-sphère creuse rainurée fixée en bout du second arbre. Des billes en acier, souvent six, se logent entre les rainures de la rotule et celles de la demi-sphère. Les billes ont ainsi une fonction analogue à celles d'un roulement.



Principe de fonctionnement du joint homocinétique © DR

Utilisation

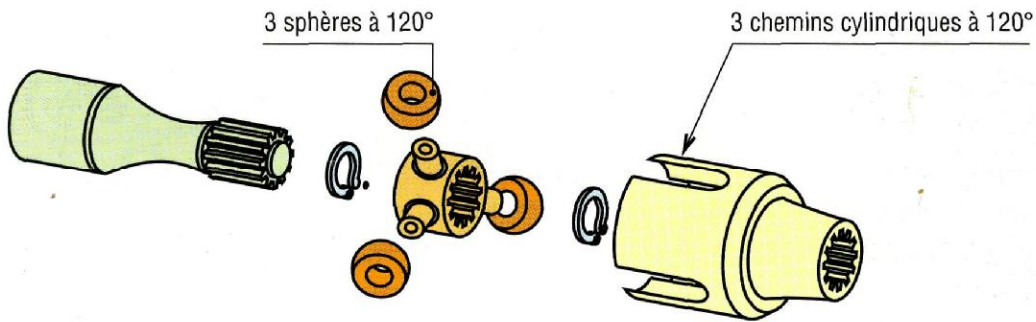
Ils sont souvent utilisés dans les automobiles à traction à l'extrémité extérieure près de la roue où le mouvement vertical dû à la suspension se combine à celui de la direction.

Les joints Rzeppa sont bien adaptés à la transmission de puissance avec de grands débattements. Toutefois, lorsque les débattements deviennent importants, les rainures en vis-à-vis n'étant pas parallèles, le glissement entre billes et rainures devient important et une usure se produit.

Joint tripode

Fonctionnement

Le joint tripode est dérivé du joint Rzeppa mais en plus simple. Il est composé d'une rotule formée d'un tripode muni de sphères et d'une demi-sphère simplifiée muni de 3 rainures.



Structure du joint tripode

Utilisation

Ils sont souvent utilisés dans les automobiles à traction ou à propulsion, à l'extrémité intérieure près de la sortie de boîte-pont où seul existe le mouvement vertical dû à la suspension. Il est également utilisé sur les propulsions à l'extrémité extérieure.

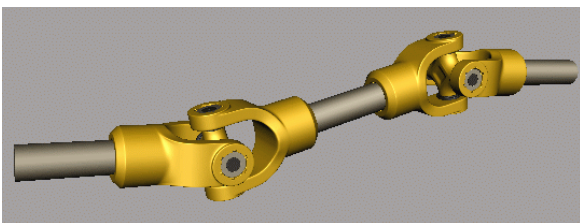
Mise en œuvre

Joint de cardan

L'important est maintenant de voir dans quelles circonstances on va rencontrer ces différents joints de transmission.

On le devine, le moins cher à fabriquer et le plus rustique étant le joint de cardan, c'est celui qu'on rencontrera le plus souvent sur les anciennes automobiles malgré ses inconvénients.

Le principal avantage du joint de cardan étant de permettre de relier deux arbres non alignés mais se trouvant dans le même plan, on va le trouver le plus souvent sur l'arbre de transmission des automobiles à propulsion tel que le montre l'animation ci-dessous. Cette configuration reste très utilisée sur les camions, engins de chantier et sur les engins agricoles.



Utilisation du joint de cardan

En général, sur ce type de montage, l'arbre du milieu est coulissant de manière à absorber les mouvements dus à la suspension car une trop grande rigidité serait catastrophique.

Dans cette configuration, on rencontrera ce type de montage sur des véhicules à propulsion équipés des premiers trains arrière à roues indépendantes.

Dans certains cas de véhicules modernes mais rustiques, par exemple certains 4x4, on utilise le double joint de cardan qui donne plus de latitude et on associe même deux doubles cardans ou un double cardan et un simple cardan.



Double joint de cardan © Euro4x4Parts



Arbre à double-simple joints de cardan © Euro4x4Parts



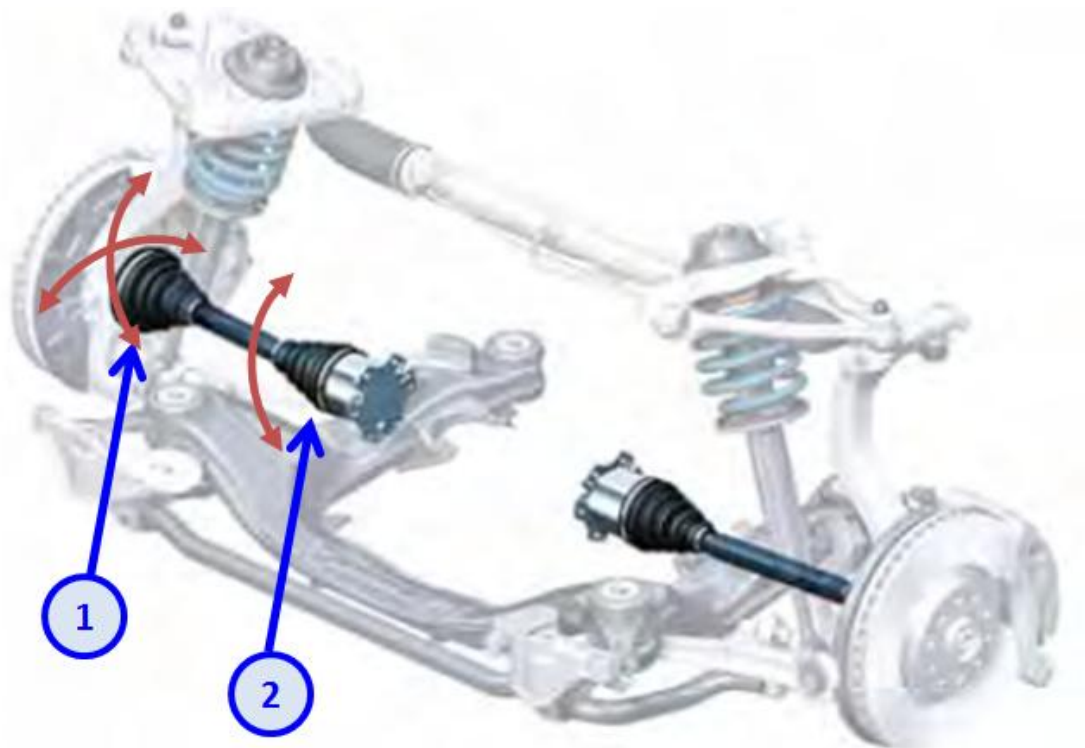
Arbre à double-double joints de cardan © Euro4x4Parts

Combinaison joint Rzeppa - joint tripode

Le maître mot étant économie en construction automobile, on privilégie le joint tripode si le débattement entre les axes est simple et on n'utilise le joint Rzeppa que quand on ne peut faire autrement car c'est celui qui coûte le plus cher à usiner.

Ils seront tous coulissants de manière à permettre des débattements axiaux.

Sur le schéma ci-dessous, montrant le train avant d'une auto moderne à traction, le joint n°1 sera un joint Rzeppa car il devra répondre à des débattements dans l'espace (suspension et direction) et le joint n°2 sera un joint tripode car le débattement angulaire est limité dans un seul plan.



Rzeppa - joint tripode

Combinaison joint

Durée de vie des joints de transmission

On l'aura compris, plus leurs conditions de fonctionnement sont extrêmes, moins leur durée de vie sera longue....

Leur durée de vie va dépendre des conditions dans lesquelles le véhicule est utilisé. Quand un joint de transmission est endommagé, les conséquences peuvent être très graves, le meilleur des cas est la perte de force de traction. Dans le pire des cas, une roue se bloque, voire l'arbre de transmission se détache. Dans ces situations, les endommagements des pièces adjacentes telles que la boîte de vitesse ne sont pas rares. Un premier indice de dysfonctionnement se caractérise par des vibrations et des bruits pendant la marche. Au moindre signe d'irrégularité il est recommandé d'examiner la pièce.

La grande majorité des problèmes de joints de transmission est due à une modification de la variation de longueur des arbres de transmission latéraux, les autres causes sont liées à des erreurs ou des négligences de montage, à une fissuration ou une déchirure des soufflets de cardan en caoutchouc qui entraîne une perte de lubrifiant et en retour un encrassement du joint, à des chocs et à l'usure normale des pièces.

Un critère important de longue conservation et de longue durée de vie des joints et arbres de transmission latéraux est l'alignement correct de l'unité composée par le moteur, la boîte de vitesse et la suspension. Normalement, les joints de transmission ont une longue durée de vie. Mais cela n'est possible que grâce à un contrôle régulier de l'étanchéité des soufflets et de la bonne tenue des colliers de serrage.

L'intégrité des soufflets est primordiale car en cas de fissure ou de déchirure, le lubrifiant s'échappe et surtout la saleté peut entrer (poussières, grains abrasifs, etc.). Une lubrification insuffisante ou trop abondante ou même des lubrifiants inappropriés entraînent l'usure prématurée des composants internes du joint.



Il est impératif d'utiliser le lubrifiant préconisé par le fabricant du joint (la plupart du temps, un sachet de lubrifiant est fourni avec la pièce). En général, on utilise une huile très épaisse additionnée de disulfure de molybdène qui a l'apparence d'une graisse classique mais n'en est pas. Ceci est vrai pour la plupart des joints enfermés dans un soufflet. Les joints de cardan sans soufflet et muni d'un graisseur seront garnis de graisse au molybdène à l'aide d'une pompe sous pression.