

Fonctionnement des moteurs de blocage de différentiel AISIN (Toyota HDJ80, HDJ100, série 7...)

Version 1.1

Table des matières

Introduction	1
Le fonctionnement des moteurs de blocage en détail	2
Le crabot de verrouillage	2
Force axiale et retard de mouvement du crabot	2
Le moteur de blocage	3
Les butées de fin de course mécaniques	3
Les fins de course électriques	3
Les ressorts spiraux en détail	4
Le capteur de confirmation de verrouillage	5
Le connecteur 6 broches et les couleurs de fils	5
Remise en état d'un moteur de blocage	5

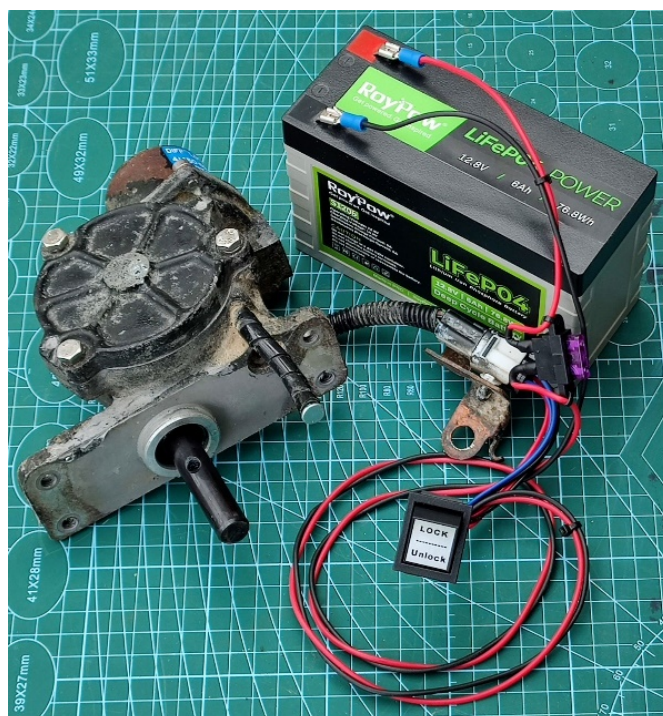
Introduction

Les moteurs de blocage permettent de verrouiller les différentiels, c'est-à-dire de rendre solidaires leurs arbres d'entrée et de sortie afin d'améliorer la traction du véhicule sur sol glissant ou en situation de franchissement difficile.

Un HDJ80 selon sa version peut être équipé avec un ou trois moteurs de blocage. Le blocage central est toujours présent, les blocages arrière et avant sont présents selon la version.

Les moteurs de blocage sont des éléments relativement complexes. Une bonne compréhension de leur fonctionnement est nécessaire pour poser un diagnostic de panne ou pour les remettre en état.

Ce manuel décrit leur fonctionnement interne. Mais il ne faut pas perdre de vue que leur bon fonctionnement dépend également d'autres éléments présents sur le véhicule : les modules de commande, les faisceaux et connecteurs de liaisons, ainsi que les interrupteurs sur la planche de bord et les voyants sur le combiné instrument.



Les moteurs de blocage de différentiel étant très exposés sous le châssis, tout comme les capteurs de confirmation de verrouillage, ils sont majoritairement et fréquemment la cause d'une panne de verrouillage de différentiel.

Le fonctionnement des moteurs de blocage en détail

Le crabot de verrouillage

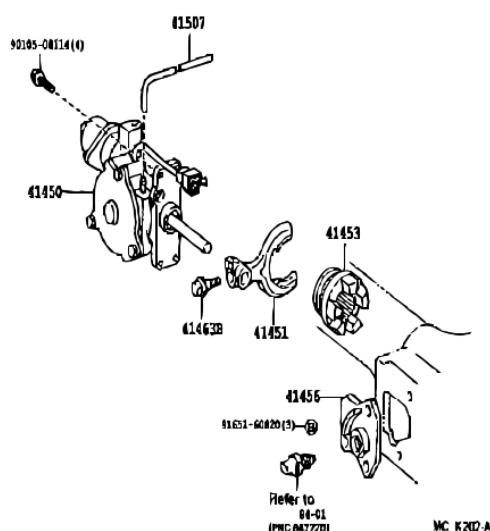
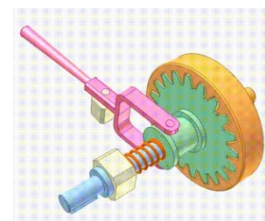
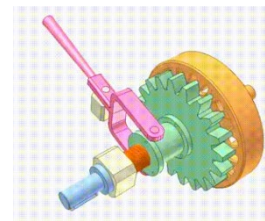
Avant de rentrer dans le détail du moteur de blocage, il faut comprendre le rôle du crabot qui est situé sur le différentiel.

Lorsqu'ils sont utilisés sur des blocages de différentiels, les crabots servent à solidariser les deux demi-arbres d'un même pont, ou les arbres de transmission avant et arrière pour le différentiel central. Ils peuvent avoir d'autres fonctions, par exemple sur le treuil mécanique du HDJ80, la manette de commande du treuil actionne un crabot interne pour embrayer le tambour.

Un crabot (dog clutch en anglais) est composé de deux pièces dentées ou demi crabots : le crabot menant (ou mobile) ici en vert et le crabot menée (ou fixe) ici en orange. Chaque demi crabot est solidaire d'un arbre. Le crabot mobile est celui que l'on pousse ou que l'on tire, il s'engage ou se désengage du crabot fixe. Il est en général actionné par une fourchette de commande. Un crabot est ici représenté dans sa position déverrouillée, puis en dessous dans sa position verrouillée.

Les dentures peuvent être axiales (c'est le cas pour le différentiel du pont arrière) ou radiales (différentiels du pont avant et de la boîte de transfert).

Ici une vue du différentiel arrière d'un pont de HDJ80, avec son crabot à 5 dents axiales et sa fourchette de commande. La tige de poussée du moteur de blocage actionne la fourchette qui pousse à son tour le crabot mobile contre le crabot fixe. On aperçoit également le capteur de confirmation de verrouillage en bas sur le schéma.



NB : pour le pont arrière, le différentiel se verrouille lorsque la tige de poussée du moteur est en position sortie.

Force axiale et retard de mouvement du crabot

Le crabot nécessite une force axiale, généralement entre 50 et 1000 Newton (environ 5 à 100 Kg), nécessaire pour engager ou désengager les dentures des deux demi crabots de façon franche. Cependant, quelque soit la force appliquée, le mouvement du crabot mobile n'est possible qu'à deux conditions :

1. Lors du verrouillage, les dentures du crabot mobile et du crabot fixe doivent être alignées.
2. Les contraintes de couple entre les deux axes à solidariser ou à désolidariser doivent être suffisamment faibles pour permettre l'emboîtement ou le désemboîtement des dentures.

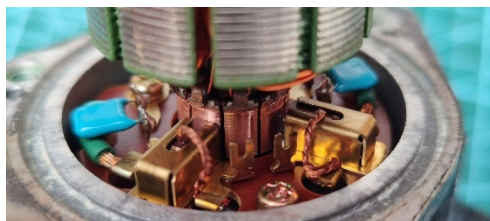
Lors du verrouillage, lorsque les dentures ne sont pas alignées, une force plus importante ne permet pas de verrouiller le crabot, d'où la présence du système de ressorts spiraux dans le moteur de blocage, qui absorbe une partie du mouvement en attendant l'alignement des dentures.

Lors du déverrouillage, une contrainte de couple entre les deux axes crabotés peut empêcher le déverrouillage du crabot. Même avec un actionneur puissant, le crabot peut rester verrouillé si les dents sont en contrainte. Ici encore, c'est le système de ressorts spiraux qui permet d'attendre le déverrouillage sans que le moteur ne force.

Le moteur de blocage

Le moteur de blocage a un fonctionnement de base simple, il pousse ou tire le crabot mobile. Ce dernier s'engage ou se désengage du crabot fixe, par l'intermédiaire d'une fourchette de commande. Chaque demi crabot est relié à un demi-arbre de roue, pour un différentiel de pont, ou à un arbre de transmission pour un différentiel central. Lorsqu'il est engagé, le crabot rend les deux arbres auquel il est relié solidaires. Le différentiel est alors bloqué, c'est-à-dire qu'il s'apparente à un axe rigide.

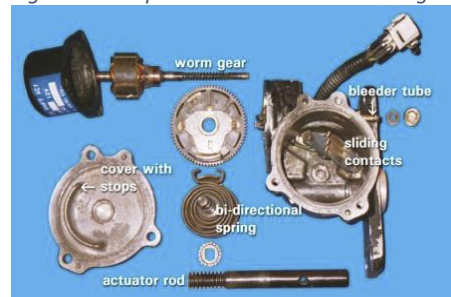
La tige de poussée du moteur de blocage (ou le pignon de sortie pour un moteur avant ou central) est actionnée par un petit moteur électrique à balais à courant continu, par l'intermédiaire d'un engrenage à deux étages. Des aimants permanents collés à l'intérieur du carter moteur cylindrique génèrent les champs magnétiques statiques. L'inversion du sens de rotation est obtenue en inversant la polarité d'alimentation sur les broches 2 et 3 du connecteur 6 broches.



L'arbre du moteur se termine par une vis sans fin, visible en haut dans l'image ci-contre. Elle entraîne un pignon de grand diamètre formant avec un petit pignon une réduction permettant de générer un couple important en sortie. La vis sans fin étant un système non réversible, la tige de poussée reste en position lorsque le moteur s'arrête, permettant de maintenir l'état de verrouillage du différentiel.

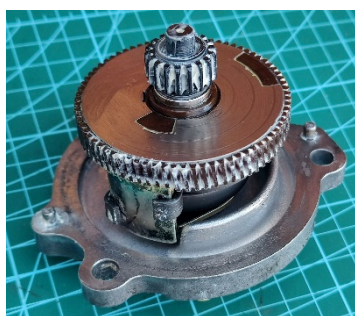


Figure 1: Composants du moteur de blocage



Les butées de fin de course mécaniques

La course totale maximum est limitée par un bossage en arc de cercle dans le couvercle et par une paroi verticale solidaire du grand pignon. Ces butées mécaniques évitent que la tige de poussée ne bute dans le carter ou ne sorte du moteur, et surtout évitent que les zones d'ouverture de contact sur les pistes fin de course (secteurs marrons sur le grand pignon) ne suffisent pas à remplir leur rôle. En effet lorsque la charge moteur est faible, son inertie pourrait faire tourner le grand pignon au-delà de la fin de course électrique dans chaque direction, provoquant une réalimentation du moteur qui peut avoir des conséquences destructrices.



Les fins de course électriques

La course réelle utilisée est légèrement plus réduite que la course totale limitée par les fins de course mécaniques : l'angle de rotation du grand pignon est aussi limité par un système de fin de course électrique. Il est composé de trois balais frotteurs solidaires du carter, visibles à droite, glissants sur trois pistes circulaires intégrées sous le grand pignon, visible ci-contre.



Les trois balais frotteurs sont reliés sur le connecteur 6 broches :

- Broche 4 : contact commun, piste centrale
- Broche 5 : contact de la piste intérieure, fermé tout au long de la course, s'ouvre en position déverrouillé
- Broche 6 : contact de la piste extérieure, fermé tout au long de la course, s'ouvre en position verrouillé

La piste du contact commun (broche 4 du connecteur 6 broches) est toujours en contact avec le balais frotteur central quel que soit la position du grand pignon. Chacune des deux autres pistes (broches 5 et 6 du connecteur 6 broches) gère la fin de course pour un seul sens de déplacement. Elles sont donc légèrement plus courtes car elles intègrent un secteur isolé en plastique qui forme une zone d'ouverture de contact.

Le grand pignon est relié à deux ressorts spiraux par une plaque verticale extérieure. Le petit pignon situé dessous est solidaire de la plaque intérieure et du système de ressorts. L'assemblage forme un système de compression bidirectionnel à point milieu. En sortie, le petit pignon transforme le mouvement de rotation en translation sur la tige de poussée tout en augmentant le couple grâce à la réduction induite par la différence de diamètre entre le grand pignon et le petit pignon. Ci-dessous une vue de la tige de poussée avec son petit pignon d'entraînement.



Ce système de ressorts spiraux permet de déplacer fermement la tige de poussée tout en permettant au moteur de continuer à tourner sans forcer jusqu'à la fin de course électrique si la tige se retrouve bloquée (situation fréquente lors de la manipulation des crabots). En cas de blocage de la tige de poussée, l'un des deux ressorts (selon le sens de rotation) se comprime, augmentant progressivement la force de poussée ou de traction sur la tige, jusqu'à ce que le système de fin de course électrique coupe le moteur. Ce ressort reste comprimé jusqu'à ce que le crabot se déplace effectivement vers sa position de verrouillage ou de déverrouillage.

La compression du système de ressorts permet d'absorber le surplus de mouvement du moteur jusqu'à la fin de course électrique (ou jusqu'à la fin de course mécanique si dépassement à cause de l'inertie) tout en augmentant progressivement la poussée ou la traction pour aider le crabot à se verrouiller ou à se déverrouiller.

NB : la tige de poussée n'existe que sur le blocage arrière. Sur le blocage central ou avant, la sortie de mouvement se fait par un pignon, produisant un couple plutôt qu'une poussée, mais le fonctionnement est du système de butés mécaniques et électriques est identique.

Les ressorts spiraux en détail

Le système de ressorts spiraux est composé de deux ressorts qui fonctionnent chacun dans une direction. Il permet au moteur d'atteindre ses positions de fin de course même si le mouvement de la tige de poussée ou du pignon de sortie est temporairement bloqué par un crabot en attente de verrouillage ou de déverrouillage. Cette impossibilité de mouvement du crabot mobile survient fréquemment en situation de conduite, soit lors du verrouillage, lorsque les dentures du crabot ne sont pas encore alignées, soit lors du déverrouillage, lorsqu'il est soumis à un couple de torsion et donc un frottement entre dentures qui empêche son déverrouillage.

C'est particulièrement fréquent pour le verrouillage du blocage arrière, qui est équipé d'un crabot à 5 dents sur HDJ80. Il peut nécessiter jusqu'à 1/5 de tour de roue pour s'aligner. Le crabot avant (24 dents) et central (30 dents) ont une denture nettement plus fine, donc le verrouillage est généralement beaucoup plus rapide.



Le capteur de confirmation de verrouillage

Les informations en provenance des fins de course électriques du moteur de blocage ne suffisent pas à connaître l'état de verrouillage des différentiels car le système de ressorts du moteur permet un mouvement du crabot en aval des fins de course. Un capteur de confirmation, situé à proximité du moteur de blocage, vient donc compléter le système.

C'est un simple interrupteur poussoir équipé d'un connecteur 2 broches. Il détecte la position réelle de la fourchette de commande, ce qui lui permet de confirmer le verrouillage ou le déverrouillage effectif du différentiel. Etant donné la très grande influence des blocages de différentiels sur le comportement et la tenue de route du véhicule, c'est un élément de sécurité important qui doit être vérifié car il est le seul à indiquer l'état réel de verrouillage.

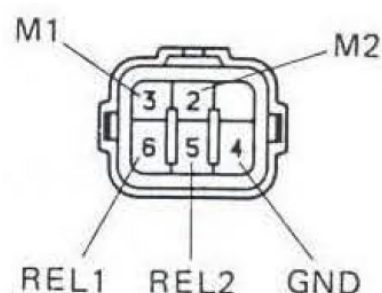


Le connecteur 6 broches et les couleurs de fils

Le brochage

- La broche 1 n'est pas utilisée.
- Les broches 2 et 3 sont connectées au collecteur du moteur.
- Pour obtenir un déplacement vers la position déverrouillée, il faut un "+" sur la broche 2 (M2), et un "-" sur la broche 3 (M1).
- Pour obtenir un déplacement vers la position verrouillée, il faut un "-" sur la broche 2 (M2), et un "+" sur la broche 3 (M1).
- La broche 4 (GND) est le contact commun des pistes de fin de course
- La broche 5 (REL2) est le contact de la piste fin de course de déverrouillage
- La broche 6 (REL1) est le contact de la piste fin de course de verrouillage

Figure 2: vue avant du connecteur 6 broches mâle (coté moteur)



Les couleurs de fils coté moteur

- Broche 2 : Vert / Rouge (gros diamètre)
- Broche 3 : Vert (gros diamètre)
- Broche 4 : Noir (petit diamètre)
- Broche 5 : Jaune (petit diamètre)
- Broche 6 : Vert (petit diamètre)

Les couleurs de fils coté faisceau sur HDJ80

Faisceau arrière	Faisceau central	Faisceau avant
<ul style="list-style-type: none">• Broche 2 : Vert / Bleu• Broche 3 : Vert• Broche 4 : Blanc / Noir• Broche 5 : Vert / Noir• Broche 6 : Vert / Jaune	<ul style="list-style-type: none">• Broche 2 : Vert / Bleu• Broche 3 : Vert• Broche 4 : Blanc / Noir• Broche 5 : Vert / Noir• Broche 6 : Vert / Jaune	<ul style="list-style-type: none">• Broche 2 : Bleu / Vert• Broche 3 : Bleu• Broche 4 : Blanc / Noir• Broche 5 : Bleu / Noir• Broche 6 : Bleu / Jaune

Remise en état d'un moteur de blocage

La remise en état d'un moteur de blocage consiste à vérifier et remettre en état chaque élément, en particulier l'état des contacts de fin de course, le collecteur, l'induit et la bonne fixation des aimants du moteur, l'état des éléments mécaniques, en particulier les engrenages, l'étanchéité des deux carters, l'état des joints, l'état du graissage et la propreté interne. Les pièces n'étant pas disponibles et pour la plupart difficiles à remettre en état, les moteurs trop endommagés notamment par une corrosion interne prononcée doivent raisonnablement être remplacés pour garantir une fiabilité à long terme.